

Universidade Federal do Rio de Janeiro

CONCEPÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR SUSTENTÁVEL
ZERO CONSUMO DE ÁGUA

Victor Mendes Thomaz

2010



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

CONCEPÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR SUSTENTÁVEL ZERO CONSUMO DE ÁGUA

Victor Mendes Thomaz

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Isaac Volschan Junior

Rio de Janeiro
Setembro de 2010

CONCEPÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR SUSTENTÁVEL
ZERO CONSUMO DE ÁGUA

Victor Mendes Thomaz

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:

Prof. Isaac Volschan Junior, D.Sc.

Prof. Elaine Garrido Vazquez, D. Sc.

Prof. Jorge Henrique Alves Prodanoff, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

SETEMBRO de 2010

Thomaz, Victor Mendes

Concepção de um Edifício Multifamiliar Sustentável – Zero Consumo de Água / Victor Mendes Thomaz – Rio de Janeiro: UFRJ / ESCOLA POLITÉCNICA, 2010.

xv, 78 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Isaac Volshan Junior

Projeto de Graduação – UFRJ / POLI / Engenharia Civil, 2010.

Referências Bibliográficas: p. 74-76.

1. Reuso de água cinza 2. Aproveitamento de água pluvial 3. Mecanismos economizadores de água

I. Volschan Junior, Isaac. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Engenharia Civil. III. Concepção de um Edifício Multifamiliar Sustentável – Zero Consumo de Água.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Concepção de um Edifício Multifamiliar Sustentável

Zero Consumo de Água

Victor Mendes Thomaz

Setembro/2010

Orientador: Isaac Volshan Junior

Curso: Engenharia Civil

Com o crescimento desordenado das grandes metrópoles, a água potável passou a ficar escassa. Por se tratar de um bem vital, medidas vêm sendo tomadas para o uso racional da água. O objetivo deste trabalho é apresentar uma concepção de instalação hidrossanitária de um edifício multifamiliar capaz de atender à três diferentes arranjos. O primeiro, utiliza-se a água cinza tratada e a água pluvial em vasos sanitários e torneiras, economizando o consumo de água potável; o segundo, utiliza-se a água cinza tratada e a água pluvial em todos os aparelhos sanitários, zerando o consumo de água potável; e o último, semelhante ao segundo, com o diferencial apenas de se tratar também a água negra para ser usada nos vasos sanitários, que, dessa maneira, além de zerar o consumo de água potável, zera também a geração de esgoto. Com essa finalidade é demonstrado inicialmente o projeto hidrossanitário convencional de um edifício multifamiliar, e depois, apresenta-se a viabilidade econômica da adoção de mecanismos economizadores de água e do projeto hidrossanitário modificado. Por fim, conclui-se que apesar de essas medidas serem excelentes para os moradores da edificação e para a preservação dos mananciais do planeta acarretam custos extras para as construtoras. Conclui-se ainda que deva ser oferecido algum incentivo para as construtoras a fim de que possam executar as tubulações distintas de águas cinzas e negras.

Palavras-chave: Reuso de Água Cinza, Aproveitamento de Água Pluvial, Mecanismos Economizadores de Água.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

Design of a Sustainable Multifamily Building
Zero Water Consumption

Victor Mendes Thomaz

September/2010

Advisor: Isaac Volshan Junior

Course: Civil Engineering

Due to the disordered growth of large cities, drinkable water has become scarce. As it is a vital commodity, measures are being taken for the rational use of water. The aim of this study is to design the installation of a hydro-sanitary multifamily edifice capable of dealing with three different arrangements. The first one deals with using gray water and rainwater in toilets and faucets saving the consumption of drinkable water. The second, using treated gray water and rainwater in all sanitary appliances eliminating the consumption of potable water. The third and last one is similar to the second arrangement, but it deals with treating black water to be used in toilets, eliminating generation of sewage. For this purpose, it is demonstrated initially the hydrosanitary project of a conventional multifamily building, following by the economic feasibility of adopting water-saving mechanisms and the modified hydrosanitary project. Finally, we conclude that despite these modifications are excellent for the residents of the building and for the planet manacial preservation, they raise the cost to the constructors that should receive at least some incentive to execute distinct pipes to gray and black water.

Keywords: Greywater Reuse, Rainwater Use, Water-Saving Mechanisms.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. Disponibilidade Hídrica.....	5
2.2. Mecanismos Economizadores de Água.....	6
2.3. Sistema Predial Hidráulico-Sanitário.....	7
2.4. Segregação das Águas: Águas Cinzas e Águas Negras.....	9
2.5. Aproveitamento das Águas Pluviais.....	10
2.5.1. Método de Dimensionamento dos Reservatórios de Água Pluvial.....	11
2.5.2. Dados Pluviométricos.....	11
2.6. Tratamento de Esgoto Doméstico.....	12
2.6.1. Reator Anaeróbico Compartimentado (RAC).....	14
2.6.2. Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).....	15
2.6.3. Decantador Secundário (DEC).....	15
2.6.4. Filtro Terciário (FT).....	15
2.7. Outras Medidas Sustentáveis.....	16
2.7.1. Medidas Economizadores de Energia.....	16
2.7.1.1. Aquecedores de Água Solar.....	16
2.7.1.2. Climatizadores Evaporativos.....	17
2.7.1.3. Lâmpadas de LED.....	17
2.7.2. Medida Geradora de Energia: Energia Solar.....	18
2.7.3. Materiais Ecologicamente Corretos.....	19
2.7.3.1. Tijolos Modulares de Solo-Cimento.....	19
2.7.3.2. Concretos Verdes.....	19
2.7.3.3. Telhados Verdes.....	20
3. Estudo de Caso.....	21
3.1. Caracterização do Edifício.....	21
3.2. Projeto do Sistema Predial de Água Fria Convencional.....	22
3.2.1. Memorial de Cálculo.....	22
3.2.1.1. Dimensionamento do Sistema de Abastecimento.....	22
3.2.1.2. Dimensionamento do Sistema de Reservação.....	23

3.2.1.3. Dimensionamento do Sistema de Distribuição.....	24
3.2.2. Desenhos.....	25
3.3. Projeto do Sistema Predial de Esgotamento Sanitário Convencional.....	26
3.3.1. Memorial de Cálculo.....	26
3.3.2. Desenhos.....	31
3.4. Projeto do Sistema Predial de Águas Pluviais Convencional.....	32
3.4.1. Memorial de Cálculo.....	32
3.4.2. Desenhos.....	32
3.5. Estimativa do Consumo de Água.....	33
4. Inclusão de Mecanismos Economizadores de Água.....	34
4.1. Estimativa do Consumo de Água.....	34
4.2. Estimativa do Custo.....	35
4.3. Viabilidade Econômica.....	35
5. Sistema Modificado I.....	37
5.1. Dimensionamento do Sistema de Reuso das Águas Cinzas.....	38
5.1.1. Dimensionamento do Reator Anaeróbico Compartimentado (RAC).....	42
5.1.2. Dimensionamento do Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS).....	42
5.1.3. Dimensionamento do Decantador Secundário (DEC).....	43
5.1.4. Dimensionamento do Filtro Terciário (FT).....	43
5.2. Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais.....	44
5.2.1. Dimensionamento do Reservatório Complementar 1.....	47
5.3. Projeto do Sistema Predial de Água Fria Modificado.....	49
5.3.1. Memorial de Cálculo.....	49
5.3.1.1. Dimensionamento do Sistema de Abastecimento.....	49
5.3.1.2. Dimensionamento do Sistema de Reservação.....	49
5.3.1.3. Distribuição do Sistema de Distribuição.....	51
5.3.2. Desenhos.....	54
5.4. Projeto do Sistema Predial de Esgotamento Sanitário Modificado.....	54
5.4.1. Memorial de Cálculo.....	53
5.4.2. Desenhos.....	59
5.5. Projeto do Sistema Predial de Águas Pluviais Modificado.....	60
5.5.1. Memorial de Cálculo.....	60

5.5.2. Desenhos.....	60
5.6. Estimativa do Consumo de Água.....	61
5.7. Estimativa do Custo.....	61
5.8. Viabilidade Econômica.....	63
6. Sistema Modificado II.....	65
6.1. Estimativa do Consumo de Água.....	66
6.2. Estimativa do Custo.....	66
6.3. Viabilidade Econômica.....	66
7. Sistema Modificado III.....	68
7.1. Estimativa do Consumo de Água.....	69
7.2. Estimativa do Custo.....	69
7.3. Viabilidade Econômica.....	70
8. Conclusões e Recomendações.....	72
9. Referências Bibliográficas.....	74
Anexos.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Esboço das diferentes formas de abastecimento de água no sistema predial proposto.....	3
Figura 2.1: Distribuição dos recursos hídricos e população no Brasil (Fonte: IDEC, 2002).....	5
Figura 2.2: Distribuição dos recursos hídricos no planeta.....	5
Figura 2.3: Alguns tipos de arejadores de torneiras (Fonte: DECA).....	6
Figura 2.4: Lavatório com sistema automatizado (Fonte: DECA).....	6
Figura 2.5: Vaso sanitário com caixa acoplada de dois volumes (Fonte: CELITE).....	6
Figura 2.3: Esboço do sistema predial de abastecimento de água.....	7
Figura 2.4: Esboço do sistema predial de esgotamento sanitário e de águas sanitárias....	8
Figura 2.5: Esboço da segregação das águas em uma residência típica.....	9
Figura 2.6: Construção do reservatório de alambrado para água pluvial (Fonte: SCHISEK, 2005).....	10
Figura 2.7: Funcionamento dos sistemas aeróbicos e anaeróbicos de tratamento secundário de esgoto (Fonte: CHERNICHARO, 2001).....	12
Figura 2.8: Processos de desinfecção de esgoto sanitário (Fonte: GONÇALVES, 2003).....	13
Figura 2.9: Etapas de uma estação de tratamento de esgoto (Fonte: CAMPOS, 1999)..	13
Figura 2.10: Representação esquemática de um reator anaeróbico (Fonte: JORDÃO e PESSÔA, 2005).....	14
Figura 2.11: Meio suporte feito de conduíte corrugado (Fonte: BAZZARELLA, 2005).....	15
Figura 2.12: Esquema do sistema de aquecimento solar de água (Fonte: UNASOL).....	16
Figura 2.13: Coletor de tubos de vácuo (Fonte: UNASOL).....	16
Figura 2.14: Modo de funcionamento de um climatizador evaporativo (Fonte: ECOBRISA).....	17
Figura 2.15: Sistema fotovoltaico (Fonte: CRESESB).....	18
Figura 2.16: Obra utilizando o tijolo modular de solo-cimento (Fonte: TIJOLECO).....	19
Figura 2.17: Casa com telhado verde (Fonte: FARIA, 2008).....	20
Figura 3.1: Perspectiva do edifício.....	21
Figura 3.2: Tipologia arquitetônica do pavimento térreo.....	21
Figura 3.3: Tipologia arquitetônica dos pavimentos tipo.....	22

Figura 3.4: Tipologia arquitetônica da cobertura.....	22
Figura 4.1: Gráfico da amortização do investimento inicial nos mecanismos economizadores de água.....	37
Figura 5.1: Arranjo do sistema modificado I.....	38
Figura 5.2: Arranjo do sistema de esgotamento sanitário para reuso da água cinza.....	39
Figura 5.3: Arranjo do sistema reuso de água cinza.....	40
Figura 5.4: Esquema de uma estação de tratamento de águas cinzas (Fonte: PERTEL, 2010).....	41
Figura 5.5: Arranjo do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	45
Figura 5.6: Localização dos postos pluviométricos da Geo-Rio.....	47
Figura 5.7: Gráfico do volume do reservatório de água pluvial pelo valor de confiança.....	48
Figura 5.8: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado I...	65
Figura 6.1: Arranjo do sistema modificado II.....	66
Figura 6.2: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado II ..	68
Figura 7.1: Arranjo do sistema modificado III.....	69
Figura 7.2: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado III.	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Tabela de dimensionamento do ramal predial para 24h de abastecimento diário e sub-dividida para pressões menores que 13 MCA; P unidade com até 2 quartos e G com mais de 2 quartos (Fonte: CEDAE).....	23
Tabela 3.2: Consumo por aparelho sanitário (Fonte: 1 - IPT; 2 – GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 - Adotando 3 mm/d).....	34
Tabela 4.1: Consumo por aparelho sanitário com mecanismo economizadores de água (Fonte: 1 - IPT; 2 – GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 - Adotando 3 mm/d; 5 – CELITE; 6 – DECA).....	35
Tabela 4.2: Levantamento de preços dos aparelhos sanitários (Fonte: CEC).....	36
Tabela 4.3: Economia devido aos mecanismo economizadores de água.....	36
Tabela 4.4: Amortização do investimento inicial nos mecanismo economizadores de água.....	37
Tabela 5.1: Vazão de Água Cinza Diária (Fonte: 1 - IPT; 2 – GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 – DECA).....	40
Tabela 5.2: Dados pluviométricos estimados para o bairro da Lagoa – Rio de Janeiro/RJ.....	46
Tabela 5.3: Balanço de massa do reservatório de água pluvial.....	49
Tabela 5.4: Consumo de água no sistema modificado I.....	62
Tabela 5.5: Estimativa do custo de implantação do sistema modificado (Fonte: SINAPI; 1 – CEC; 2 – SCHISTEK, 2005).....	63
Tabela 5.6: Amortização do investimento inicial no sistema de reuso da água cinza.....	65
Tabela 6.1: Amortização do investimento inicial no sistema de reuso da água cinza.....	68
Tabela 7.1: Estimativa do custo de implantação do sistema modificado (Fonte: SINAPI; 1 – CEC; 2 – SCHISTEK, 2005).....	70
Tabela 7.2: Amortização do investimento inicial no sistema de reuso da água cinza.....	72
Tabela 8.1: Comparação entre os resultados obtidos na ETAC na UFES, e os padrões de classe 1 (Fonte: BAZZARELLA, 2005; NBR-13.969, 1997).....	73
Tabela 8.2: Padrões de classe 3 (Fonte: NBR-13.969, 1997).....	74

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Água Cinza
ADEC	Área do DEC (m ²)
AFBAS	Área do FBAS (m ²)
AFT	Área do FT (m ²)
AN	Água Negra
AP	Água Potável
AP	Tubo de Água Pluvial
API	Água Pluvial
ARAC	Área do RAC (m ²)
c	Coefficiente de escoamento superficial (adimensional)
C	Consumo diário “per capita” (L/d)
CA	Caixa de Areia
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CD	Consumo diário total (L/d)
CEC	Casa e Construção
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CG	Caixa de Gordura
Ch	Chuveiro
CI	Caixa de Inspeção
CP	Caixa de Passagem
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente
CS	Caixa Sifonada
CV	Coluna de Ventilação
Cv DBO	Carga orgânica volumétrica sobre o meio granular (kg.DBO5/m ³ .d)
DBO5	Demanda bioquímica de oxigênio na água cinza bruta (mg/L)
DEC	Decantador Secundário
Drec	Diâmetro da tubulação de recalque (m)
d_i	Distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado

$D_{(t)}$	Demanda no tempo t (m ³)
DH	Ducha Higiênica
DN	Diâmetro Nominal (mm)
ERAC DBO5	Eficiência de remoção de DBO5 do RAC (%)
ETAC	Estação de Tratamento de Água Cinza
ETAN	Estação de tratamento de Água Negra
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FT	Filtro Terciário
Hleito	Altura útil do meio granular (m)
H_{MAN}	Altura manométrica dinâmica (MCA)
H_{MAN}^{REC}	Altura manométrica do recalque (MCA)
H_{REC}	Altura estática de recalque (altura vertical) (MCA)
H_{MAN}^{SUC}	Altura manométrica da sucção (MCA)
H_{SUC}	Altura estática de sucção (altura vertical) (MCA)
IDEC	Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor
IGRA	Information on Green Roofs
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
J	Perda de carga (m/m)
K2	Coeficiente de pico horário (adimensional)
La	Lavatório
LED	Light-emitting Diode
L_v	Comprimento real da tubulação no pior caminho mais os comprimentos equivalentes das conexões (m)
ML	Máquina de Lavar Roupas
MLL	Máquina de Lavar Louça
MLR	Máquina de Lavar Roupas
N_F	Número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas (h)
p	Pesos (adimensional)
P	População do edifício (hab)
PC	Pia de Cozinha
Pot	Potência necessária para a moto-bomba (CV)

RH	Ralo Hemisférico
RS	Ralo Sifonado
Q	Vazão de recalque (L/s)
Q _{méd}	Vazão de água cinza média (m ³ /h)
Q _{rec}	Vazão de recalque (m ³ /s)
Q _(t)	Volume de chuva no tempo t (m ³)
R	Rendimento da moto-bomba (adimensional)
RAC	Reator Anaeróbico Compartimentado
RI	Reservatório Inferior (L)
RIC1	Reservatório Inferior Complementar 1
RIC2	Reservatório Inferior Complementar 2
RS	Reservatório Superior (L)
RSC	Reservatório Superior Complementar
RTI	Reserva técnica de incêndio (L)
S _(t)	Volume de água no reservatório no tempo t (m ³)
S _(t-1)	Volume de água no reservatório no tempo $t-1$ (m ³)
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
T	Tempo de Retorno (anos)
Ta	Tanque
Tar	Taxa de aeração no FBAS (N.m ³ /kg.DBO ₅ aplicado)
TG	Tubo de Gordura
To	Torneira
TQ	Tudo de Queda
Ts	Taxa Superficial (m ³ /m ² .d)
TS	Tubo Secundário
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UHC	Unidade Hunter de Contribuição
v	Velocidade (m/s)
V	Volume do reservatório fixado (m ³)
VDEC	Volume útil do DEC (m ³)
VBAS	Volume útil do FBAS (m ³)
VFT	Volume útil do FT (m ³)

VP	Tubo de Ventilação Primária
VRAC	Volume útil do RAC (m ³)
VS	Tubo de Ventilação Secundária
VS	Vaso Sanitário
X_i	Valor da variável da i-ésima localidade vizinha (mm)
X_p	Variável interpolada (mm)
ΔH_{REC}	Altura dinâmica de Recalque (MCA)
ΔH_{SUC}	Altura dinâmica Sucção (MCA)
Θ	Tempo de detenção hidráulica (h)

1. Introdução

Em 12 de abril de 1961, o cosmonauta Yuri Gagarin ao se tornar o primeiro ser humano a ir ao espaço proferiu a famosa frase “A Terra é azul”. Por muitas décadas a humanidade acreditou nesta frase, achando que a água do planeta era abundante e inacabável. De fato, cerca de 3/4 da superfície terrestre é coberta de água, porém em sua maioria é imprópria para o consumo, e a pequena parte que se encontrava em condições de uso, com o tempo, passou não mais a ser, devido a poluição crescente, principalmente em regiões metropolitanas.

Com o tempo, a escassez de água potável passou a ser um sério risco em diversas regiões do planeta, devido a um crescimento desordenado de uma população que cresceu sem saber respeitar o meio ambiente. Isso acarretou em diversos problemas ambientais como, por exemplo, o aquecimento global e a poluição de mananciais.

Devido ao aumento da preocupação mundial em relação ao meio ambiente os representantes de diversos países se reuniram em 1972 em Estocolmo para a realização da primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente. Conferência esta que resultou em um confronto de ideologias entre o “desenvolvimento zero”, defendido pelos países desenvolvidos e o “desenvolvimento a qualquer custo”, defendido pelos países em desenvolvimento.

Porém, apenas em 1987 o conceito de desenvolvimento sustentável foi citado, pela primeira vez, através do Relatório Brundtland, ou Nosso Futuro Comun. Conceito este consagrado na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizado no Rio de Janeiro em 1992, que teve como principal documento gerado a Agenda 21. Tal Agenda consiste em um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambiental racional.

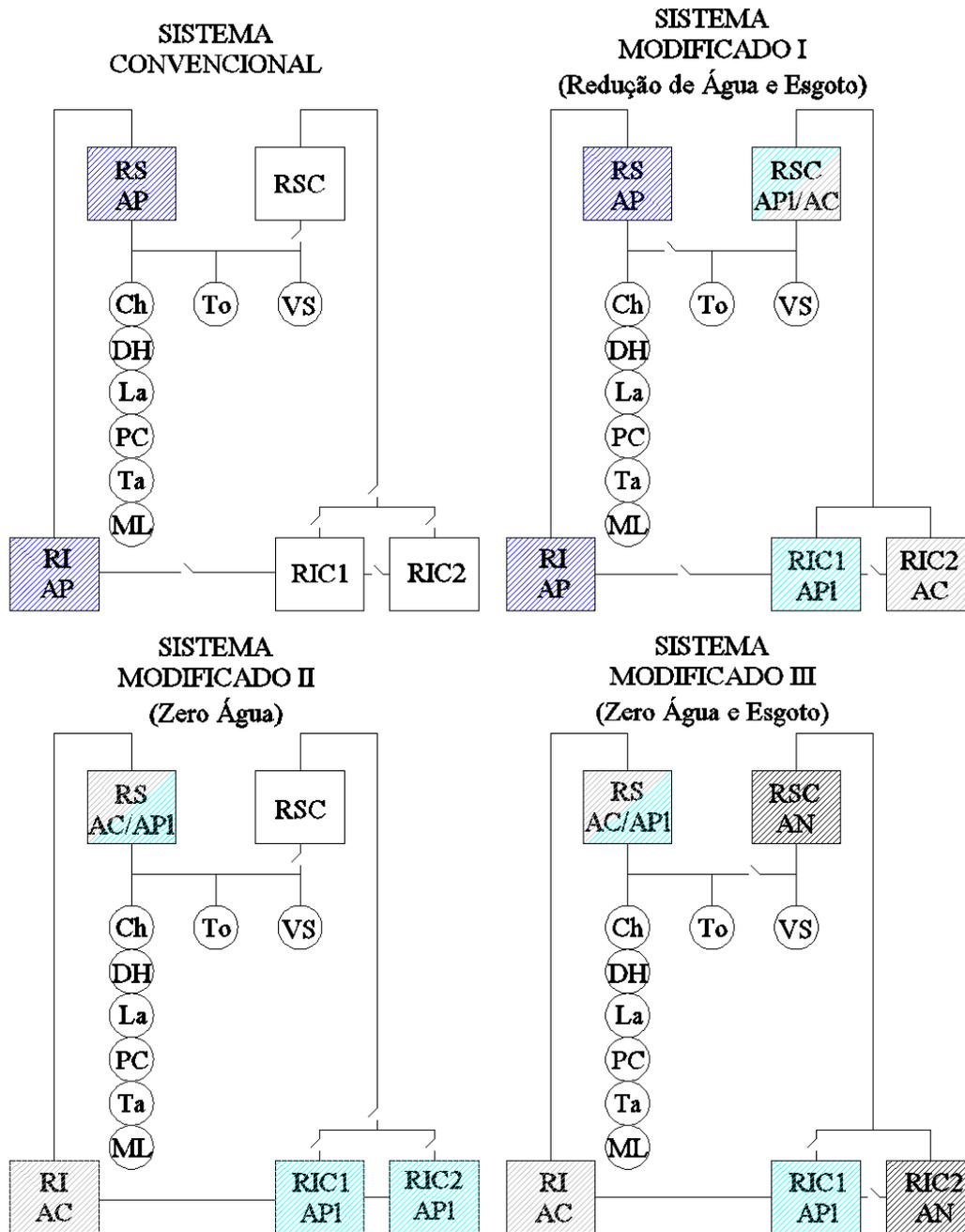
Desde então, o mundo passou a pensar cada vez mais no meio ambiente buscando alternativas para continuar a se desenvolver sem prejudicar o planeta, ou buscando encontrar formas de mitigação.

Diversos meios de conservação e uso racional da água foram estudados e discutidos nos últimos anos. Pode-se destacar, por exemplo, o reúso de águas residuárias, o aproveitamento de águas pluviais e os mecanismos economizadores de água. Tais providências reduzem substancialmente o consumo de água e a quantidade de esgoto a ser tratado, além de diminuir o impacto das cheias urbanas.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma nova concepção para os sistemas hidrossanitários prediais de novas construções, a fim de tornar a edificação mais sustentável com um menor consumo de água externa vinda da concessionária. Essa sugestão tem o intuito de preparar a edificação para três diferentes tipos de arranjos, ilustrados na figura 1.1, de acordo com diferentes cenários:

- Sistema Modificado I: As águas cinzas vindas dos chuveiros, lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupa, torneiras da garagem e, possivelmente, das pias de cozinha são tratadas e reutilizadas para o uso nos vasos sanitários e torneiras juntamente com as águas pluviais coletada no jardim da cobertura;
- Sistema Modificado II: As águas cinzas tratadas juntamente com as águas pluviais do jardim da cobertura são reutilizadas para o abastecimento de todos os aparelhos sanitário;
- Sistema Modificado III: As águas cinzas tratadas juntamente com as águas pluviais do jardim da cobertura são reutilizadas para o abastecimento de todos os aparelhos sanitários com exceção dos vasos sanitários. Estes são abastecidos com as águas negras, previamente tratadas, vindas dos próprios vasos sanitários.

O trabalho contempla portanto o cotejamento técnico-econômico entre o projeto hidrossanitário predial convencional e o projeto hidrossanitário predial modificado, baseado nos três diferentes arranjos possíveis.



Ch – Consumo de água nos chuveiros
 DH – Consumo de água nas duchas higiênicas
 La – Consumo de água nos lavatórios
 PC – Consumo de água nas pias de cozinha
 Ta – Consumo de água nos tanques
 ML – Consumo de água nas máquinas de lavar roupa
 To – Consumo de água nas torneiras
 VS – Consumo de água nos vasos sanitários

RI – Reservatório Inferior
 RIC1 – Reservatório Inferior Complementar 1
 RIC2 – Reservatório Inferior Complementar 2
 RS – Reservatório Superior
 RSC – Reservatório Superior Complementar
 AP – Água Potável (vinda da concessionária)
 AC – Águas Cinzas
 API – Águas Pluviais
 AN – Águas Negras

Figura 1.1: Esboço das diferentes formas de abastecimento de água no sistema predial proposto

No segundo capítulo deste trabalho é feita uma revisão bibliográfica, explicando os principais temas abordados neste trabalho como a disponibilidade hídrica, o funcionamento do sistema predial hidrossanitário convencional, segregação da água, águas pluviais, das estações de tratamento de esgoto. Por fim, são demonstradas outras medidas sustentáveis a serem adotadas em edificações como o emprego de aquecedores de água solar, uso de climatizadores evaporativos, lâmpadas de LED, uso de energia solar, tijolos modulares de solo-cimento, concretos verdes e telhados verdes.

No terceiro capítulo é demonstrado o estudo de caso. É caracterizado o edifício com o consumo médio de água sem nenhum sistema de conservação e sem o uso racional da água. E finaliza apresentando os projetos convencionais de sistemas prediais de água fria, esgotamento sanitário e águas pluviais.

No quarto capítulo é abordado os mecanismos economizadores de água adotados no edifício do estudo de caso e sua viabilidade econômica.

No quinto capítulo é mostrado o sistema modificado I e sua viabilidade econômica. É evidenciado o reúso das águas cinzas, o dimensionamento da estação de tratamento de água cinza, o aproveitamento de água pluvial com o dimensionamento de seu reservatório, o projeto predial modificado de água fria e de esgotamento sanitário.

Nos capítulos sexto e sétimo são apresentados os sistemas modificados II e III, respectivamente, e os estudos da viabilidade econômica de cada sistema.

Por fim, as conclusões do trabalho e consequentes recomendações sobre o que foi demonstrado são apresentadas no oitavo capítulo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Disponibilidade Hídrica

O problema de escassez de água no planeta é crescente. Com o aumento da população mundial cada vez mais acelerado associado ao desenvolvimento urbano descontrolado, acaba por aumentar muito a demanda por água em regiões com alta densidade populacional, onde, não necessariamente, há abundância de água. E principalmente nas regiões altamente povoadas a qualidade dos corpos d'água vem decaindo.

O problema do maior desenvolvimento em áreas com pouca disponibilidade hídrica, a nível nacional, é demonstrado no gráfico abaixo, a nível nacional. Há uma grande disparidade se comparada a região norte, que concentra a maior parcela de água do país e é a segunda menos habitada, com as regiões sudeste e nordeste que são as com menor parcela de disponibilidade hídrica e maior população.

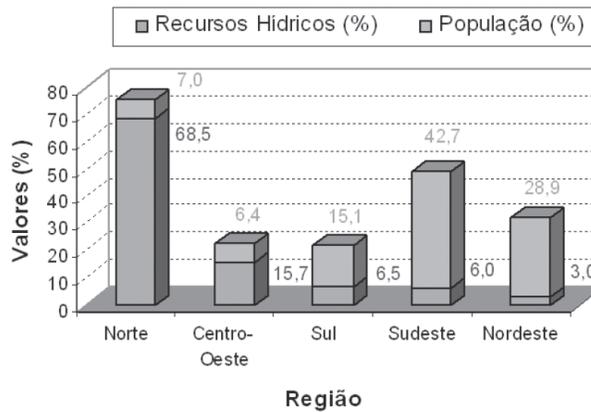


Figura 2.1: Distribuição dos recursos hídricos e população no Brasil (Fonte: IDEC, 2002)

Apesar de a superfície do nosso planeta ser constituída basicamente por água, cerca de 70%, apenas uma pequena parcela é potável e de fácil acesso para a grande maioria da população, como demonstrado no gráfico abaixo.

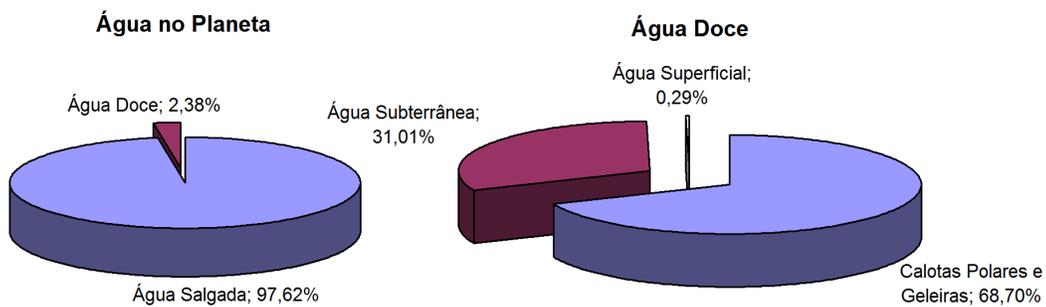


Figura 2.2: Distribuição dos recursos hídricos no planeta

2.2 Mecanismos Economizadores de Água

Há alguns mecanismos cuja função é de se economizar a água, diminuindo assim a vazão dos aparelhos sanitários. Pode-se destacar os seguintes mecanismos:

- Arejador: Peça empregada na saída da torneira, podendo ser fixa ou móvel, com o objetivo de se diminuir a vazão e eliminar a dispersão do jato d'água. Ele reduz a seção de passagem e direciona o fluxo através de uma tela fina e possui orifícios laterais que permitem a entrada de ar que dão a impressão de maior vazão para o usuário. Apresenta uma redução de 50% na vazão de água (GONÇALVES, 2006);



Figura 2.3: Alguns tipos de arejadores de torneiras (Fonte: DECA)

- Chuveiro de Baixa Vazão: Chuveiros com vazão de três litros por minuto, cerca de 1/3 da vazão de chuveiros convencionais;
- Lavatório com Sistema Automatizado: Torneira com acionamento foto elétrico, que permite ao usuário manter o aparelho em funcionamento o tempo necessário para a sua utilização. Pode funcionar a pilha, ou ser ligado à rede elétrica;



Figura 2.4: Lavatório com sistema automatizado (Fonte: DECA)

- Vaso Sanitário com Caixa Acoplada de dois Volumes (descarga seletiva): Vaso sanitário com caixa acoplada com duas opções de volume, normalmente três e seis litros, de acordo com o seu uso.



Figura 2.5: Vaso sanitário com caixa acoplada de dois volumes (Fonte: CELITE)

2.3 Sistema Predial Hidráulico-Sanitário

Os sistemas de abastecimento de água indiretos por gravidade, o qual é indicado na norma, consiste em um reservatório inferior (cisterna) que é alimentado pelo alimentador predial e um reservatório superior (caixa d'água) que é alimentado a partir do reservatório inferior através de um conjunto motor-bomba. A tubulação entre o reservatório inferior e o conjunto motor-bomba se chama tubulação de sucção, e entre o conjunto motor-bomba e o reservatório superior de tubulação de recalque. A partir do reservatório superior, os aparelhos hidrossanitários são alimentados. O barrilete une os dois compartimentos do reservatório superior, e os liga às colunas de distribuição. A partir das colunas de distribuição saem os ramais que se ligam aos subramais, que estão diretamente ligados aos aparelhos hidrossanitários. Pode-se ainda dividir o sistema em três subsistemas:

- Subsistema de Alimentação: Ramal predial, hidrômetro e alimentador predial;
- Subsistema de Reservação: Reservatório inferior, tubulação de sucção, estação elevatória, tubulação de recalque e reservatório superior;
- Subsistema de Distribuição Interna: Barrilete, coluna de distribuição, ramal e subramal.

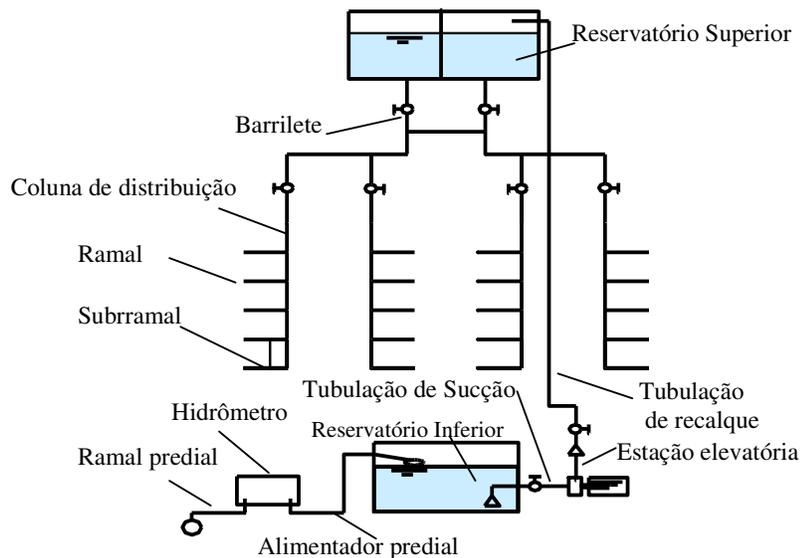


Figura 2.6: Esboço do sistema predial de abastecimento de água

No sistema predial de esgotamento sanitário, o esgoto proveniente dos lavatórios e dos ralos dos chuveiros é direcionado a um ralo sifonado (com fecho hídrico), que se liga à saída do vaso sanitário, e são ligados a um tubo de queda. A sua prolongação superior fica aberta para ventilação, e a inferior se liga a uma caixa de inspeção, que depois, segue a rede coletora. O ramal de esgoto que sai dos ralos sifonados são ventilados através de uma tubulação ligada a uma coluna de ventilação, que se liga em sua extremidade superior ao tubo de ventilação primária. O esgoto coletado nas cozinhas é direcionado para o tubo de gordura que também é aberto em sua extremidade superior e ligado inferiormente a uma caixa de gordura. O esgoto coletado nas áreas de serviço é direcionado para o tubo secundário que também é aberto em sua extremidade superior e ligado inferiormente a uma caixa sifonada. As caixas de gordura e as caixas sifonadas são ligadas a uma caixa de inspeção para serem encaminhados ao coletor.

O sistema predial de águas pluviais consiste em captar as águas no telhado e/ou cobertura, podendo utilizar-se de calhas, e são encaminhadas a tubulação de águas pluviais através de ralos hemisféricos, também conhecidos como ralos abacaxi, que impedem a obstrução através de folhas. A água segue até uma caixa de areia, para então seguir para a galeria de águas pluviais.

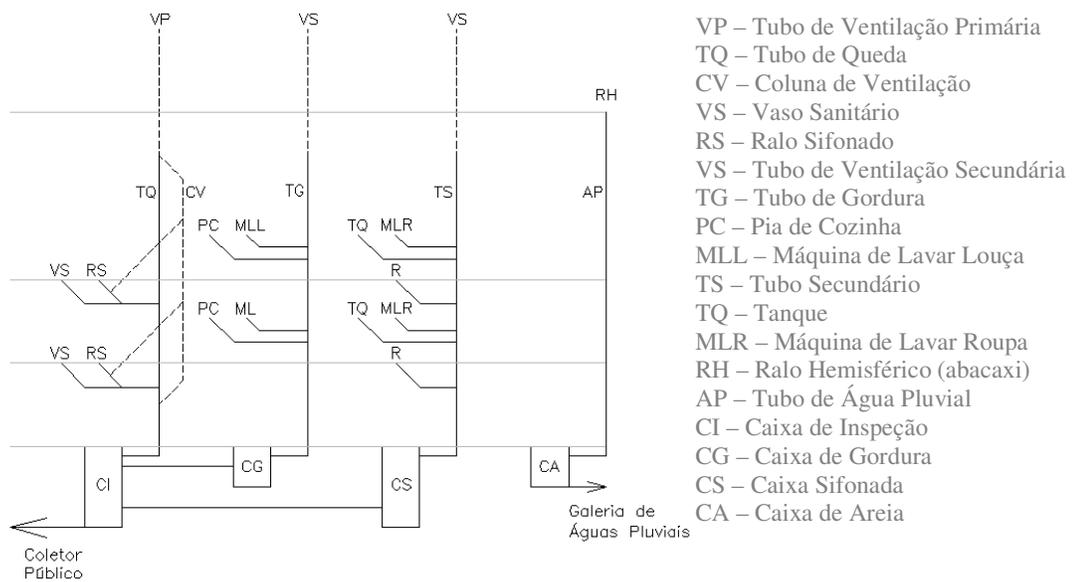


Figura 2.7: Esboço do sistema predial de esgotamento sanitário e de águas sanitárias

2.4 Segregação das Águas: Águas Cinzas e Águas Negras

As águas residuárias podem ser tratadas com distinção, baseadas em suas características e usos. As águas podem ser distinguidas através das seguintes cores:

- **Água Cinza:** Águas provenientes dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa. Tem como principais características a presença de sabão, elevados teores de matéria orgânica, de sulfatos, turbidez e sólidos suspensos e moderada contaminação fecal. Possui também alta biodegradabilidade, não sendo recomendável a estocagem prolongada da água cinza bruta. Para alguns autores, as águas esgotadas pelas pias de cozinha e máquinas de lavar louça também podem ser tratadas como águas cinzas, apesar da presença de óleos e gorduras;
- **Água Negra:** Águas provenientes dos vasos sanitários, e para alguns autores, águas esgotadas pelas pias de cozinha e máquinas de lavar louça. Apresenta elevada carga orgânica e presença de sólidos em suspensão. Pode ainda ser segregadas em outros dois tipos:
 - **Água Marrom:** Águas com fezes. Possui elevada concentração de matéria orgânica, sólidos em suspensão e micro-organismos;
 - **Água Amarela:** Águas com urina. Possui altos teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

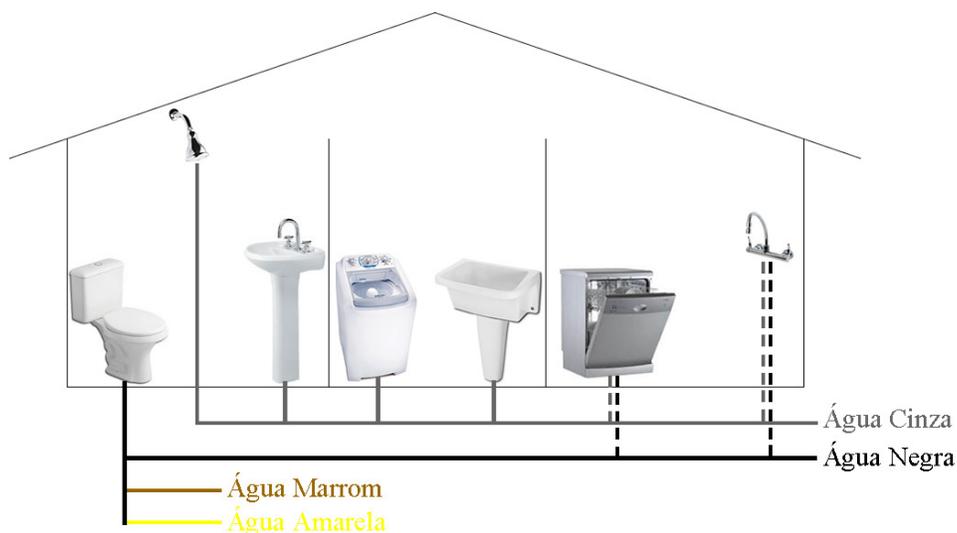


Figura 2.8: Esboço da segregação das águas em uma residência típica

2.5 Aproveitamento das Águas Pluviais

Com o aumento da escassez de água no planeta, é crescente os estudos realizados sobre o aproveitamento da água da chuva, técnica inclusive utilizada há mais de 2.000 anos. A quantidade de chuva é medida em aparelhos chamados pluviômetros, ou pluviógrafos, e a medida é feita em milímetros de água. Como a quantidade de chuva é um processo aleatório, é preciso que se faça medidas ao longo de anos para poder se estimar com processos estatísticos. Por isso, é importante que se tenha dados pluviométricos na região onde se pretende aproveitar a água da chuva para melhor dimensionar os reservatórios de água pluvial.

Esta prática começou a tornar-se mais difundida no Brasil nas últimas décadas, no semiárido brasileiro, onde a captação da água é feita no telhado das casas e armazenada em cisternas cilíndricas, feitas de ferro-cimento que permanecem semienterradas.

É recomendado que se avalie, constantemente, a qualidade da água pluvial coletada. A avaliação deve ser feita em três diferentes fases: primeira, a água que vem diretamente da atmosfera; segunda, após a passagem da água pela superfície coletora e terceira, a água no reservatório. Na primeira fase, pode haver contaminação devido a poluição atmosférica, principalmente em épocas de seca. Na segunda fase, a contaminação pode ser devido a sujeiras encontradas na superfície coletora. Nesta avaliação, deve-se descartar a água da primeira chuva, também conhecida como água de lavagem ou chuva inicial. Para se evitar a contaminação da superfície coletora, é recomendado, prioritariamente, o uso de telhas metálicas, depois, telhas de plástico e por último, telhas cerâmicas. Na terceira fase, pode haver contaminação por falta de limpeza adequada do reservatório.

Para se ter melhor eficiência em sistema de aproveitamento de água pluvial, é preciso a construção de um reservatório de grande volume, para poder armazenar a água da chuva durante os períodos de seca. Porém, isso pode acarretar em dificuldades construtivas e alto custo. Para solucionar esses problemas, foi proposto no 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva a utilização da cisterna de alambrado, que consiste em colocar uma tela de alambrado, de forma cilíndrica, em uma base de concreto, utilizando sacaria para poder aplicar quatro camadas finas de argamassa.



Figura 2.9: Construção do reservatório de alambrado para água pluvial (Fonte: SCHISEK, 2005)

2.5.1 Método de Dimensionamento dos Reservatórios de Água Pluvial

Segundo o projeto de norma da ABNT, um dos métodos de cálculo para o dimensionamento dos reservatórios de água pluvial é o método da simulação, ou método iterativo (OLIVEIRA, 2007). Este método consiste em se arbitrar um volume de reservação que seja mais conveniente para o projetista, avaliando a sua eficiência no atendimento à demanda e considerando o histórico de chuva da região. Há de se fazer duas considerações a respeito desse método: primeiro, que o reservatório encontra-se cheio no início da contagem de tempo; segundo, que os dados históricos são representativos para as condições futuras. Para cada mês se estima o volume de água no reservatório através da seguinte fórmula: $S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$, $0 \leq S_{(t)} \leq V$, onde $Q_{(t)} = c \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$, mudando o volume do reservatório até que se obtenha um valor de confiança aceitável, ou seja, o reservatório raramente, ou nunca, fique vazio.

2.5.2 Dados Pluviométricos

O município do Rio de Janeiro consta com 32 estações pluviométricas, que medem a quantidade de chuva, desde 1997. Para se estimar a chuva em regiões onde não há um posto pluviométrico pode-se utilizar de alguns métodos, dentre eles o Método do Inverso do Quadrado da Distância (U.S. Weather Service) que consiste em utilizar os dados de estações pluviométricas mais perto através da seguinte fórmula:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)}$$

2.6 Tratamento de Esgoto Doméstico

O tratamento de esgoto doméstico é realizado em três níveis:

- Primário: Consiste basicamente na remoção de materias de grande volume, podendo utilizar grades ou peneiras, e pode ser seguida de uma etapa de sedimentação como uma caixa retentora de areia;
- Secundário: Promove a degradação biológica de compostos carbonáceos convertendo-os em compostos mais simples. Pode ser realizado pela via aeróbica, via anaeróbica ou pela associação das duas. Apesar de um reator aeróbico ser mais eficiente na remoção de matéria orgânica ele produz um grande volume de lodo se comparado ao reator anaeróbico e produz gás carbônico, enquanto que no reator anaeróbico produz biogás, que pode ser utilizado na geração de energia, não poluindo o ar. Podemos citar como exemplos de processos anaeróbicos os reatores UASB, os tanques sépticos, os tanques Imhoff e os tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbico. Como exemplos de processos aeróbicos podemos citar os tratamentos no solo, tratamentos em lagos, tratamentos em reatores com biofilme, tratamento em lodos ativados e tratamentos em sistemas de flotação.

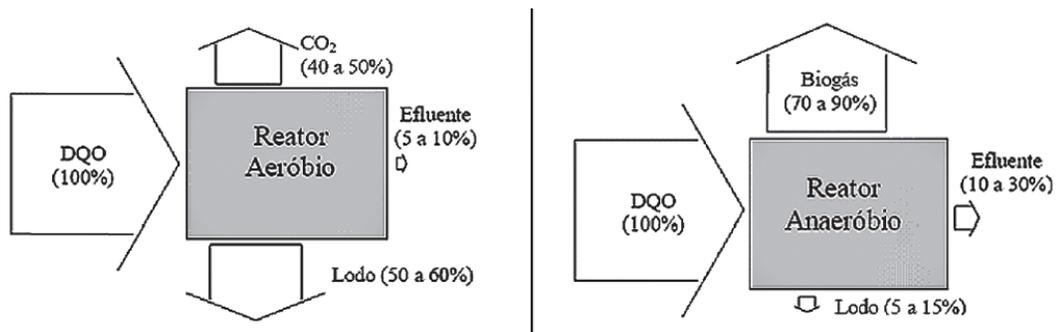


Figura 2.10: Funcionamento dos sistemas aeróbicos e anaeróbicos de tratamento secundário de esgoto (Fonte: CHERNICHARO, 2001)

- Terciário: Consiste na desinfecção de organismos patogênicos, remoção de nutrientes e materiais não biodegradáveis além de lodo, como no nível secundário. Pode ser realizada através de processos naturais ou artificiais (químicos ou físicos). A figura abaixo demonstra os principais tipos de tratamento terciário.



Figura 2.11: Processos de desinfecção de esgoto sanitário (Fonte: GONÇALVES, 2003)

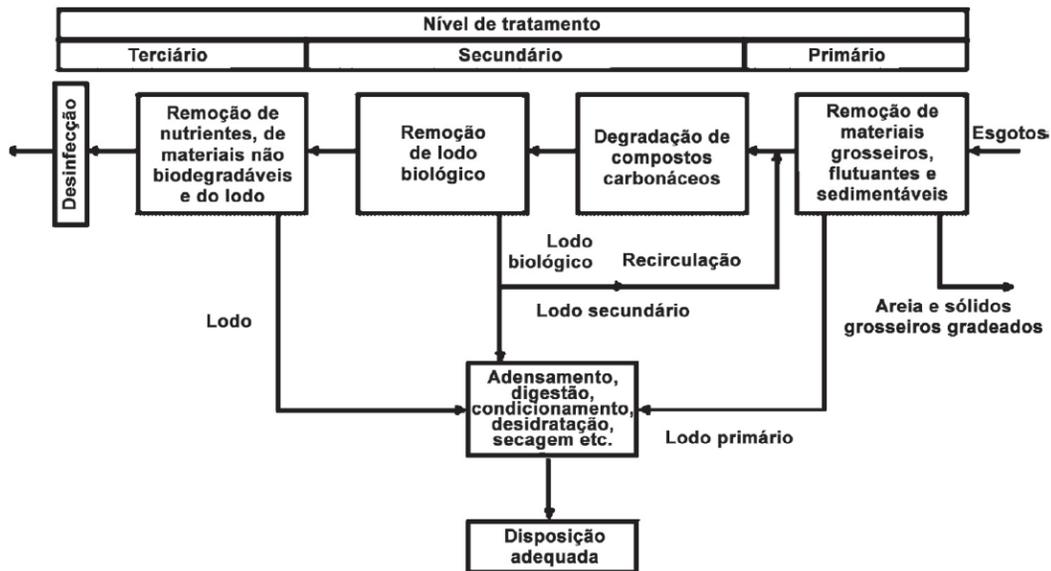


Figura 2.12: Etapas de uma estação de tratamento de esgoto (Fonte: CAMPOS, 1999)

Alguns dos diferentes processos de tratamento de esgoto são mais indicados para o uso residencial, por serem mais compactos, apresentarem menor produção de lodo, possibilidade de funcionamento coberto, entre outros. Desses processos, pode-se destacar o reator anaeróbico, o filtro biológico, decantador secundário e o filtro terciário, arranjo este recomendado para estações de tratamento de água cinza (GONÇALVES, 2006).

2.6.1 Reator Anaeróbico Compartmentado (RAC)

Processo anaeróbico de tratamento de esgoto a nível secundário. Consiste em um conjunto de compartimentos onde o esgoto afluente penetra pela parte inferior, seguindo em fluxo ascendente. Na zona inferior do compartimento fica a câmara de digestão, onde se localiza o leito do lodo e começa o processo de digestão anaeróbica, onde parte da matéria orgânica fica retida. Devem ser previstas tubulações de retirada de lodo para o seu descarte periódico.

Em uma parte intermediária fica a zona de transição, e na parte superior do reator fica a zona de sedimentação, por onde o esgoto efluente verte já clarificado com uma velocidade ascensional adequada para a sedimentação dos sólidos, que se depositam na câmara de digestão. Na parte superior do reator há também uma zona de acumulação de gás, que pode posteriormente ser aproveitado para grandes volumes de esgoto, ser queimado ou solto na atmosfera com a desvantagem de causar mau odor e poluir o ar.

Há recomendações que haja um gradeamento preliminar com espaçamento de até 6 milímetros, remoção de areia e tubulação alimentadora para atender uma área de 2 a 3m² e diâmetro de 75 ou 100 mm para se obter um bom funcionamento (JORDÃO e PESSÔA, 2005).

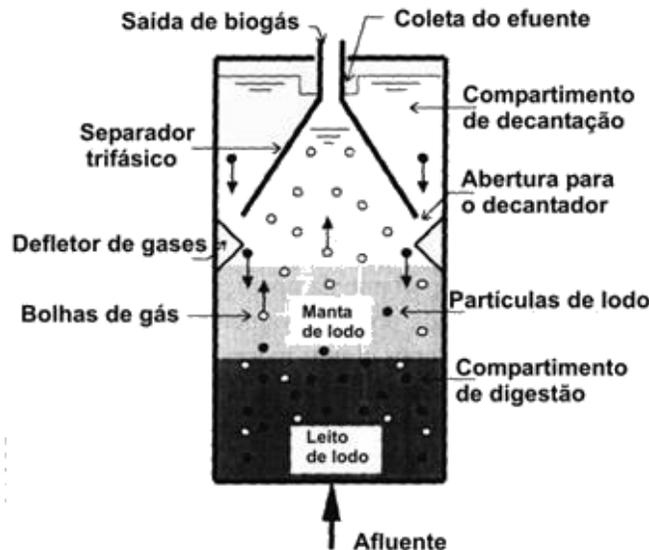


Figura 2.13: Representação esquemática de um reator anaeróbico (Fonte: JORDÃO e PESSÔA, 2005)

2.6.2 Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)

Processo aeróbico de tratamento de esgoto a nível secundário. Consiste em um compartimento onde o esgoto afluyente penetra pela parte inferior seguindo em fluxo normal ascendente passando por uma camada de meio suporte, que pode ser parte de conduítes corrugados de PVC, onde ocorre o crescimento de massa biológica em sua superfície que posteriormente é estabilizada formando assim flocos sedimentáveis. É necessário manter o suprimento de oxigênio no fundo do filtro para que haja a reação bioquímica aeróbica. Deve ocorrer também, periodicamente, a lavagem do meio suporte através de uma retrolavagem, utilizando o próprio esgoto efluente e ar.



Figura 2.14: Meio suporte feito de conduíte corrugado (Fonte: BAZZARELLA, 2005)

2.6.3 Decantador Secundário (DEC)

Processo de tratamento de esgoto a nível secundário. Consiste no adensamento de sólidos suspensos devido ao efeito da gravidade, devendo ser removido o lodo do fundo do decantador para sua estabilização e posteriormente o seu descarte.

2.6.4 Filtro Terciário (FT)

Processo de tratamento de esgoto a nível secundário. Consiste no polimento do esgoto previamente tratado através da retenção de sólidos suspensos remanescentes em uma tela de malha fina.

2.7 Outras Medidas Sustentáveis

Outras medidas sustentáveis podem ser tomadas com o intuito de se economizar energia elétrica ou mesmo na adoção de materiais provenientes de processos menos danosos ao meio ambiente.

2.7.1 Medidas Economizadores de Energia

2.7.1.1 Aquecedores de Água Solar

Os aquecedores solares vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado nacional devido a economia que este sistema é capaz de gerar na conta de energia, por se tratar de uma fonte de energia limpa. Este sistema é composto por coletores solares que aquecem a água, localizados nos telhados das edificações, e um reservatório térmico, também conhecido como boiler. A água circula entre os coletores solares e o reservatório térmico através de tubulações de cobre. Este tipo de sistema necessita ser ligado a um sistema de abastecimento de água fria, e deve ter um sistema de aquecimento independente para nos casos de dias de pouca insolação ou no caso de um consumo maior do que o que foi estimado, como por exemplo os aquecedores elétricos. Os aquecedores de tubos de vácuo se mostra mais eficiente do que o tradicional coletor plano, sendo capaz de gerar quatro vezes mais energia (UNASOL).

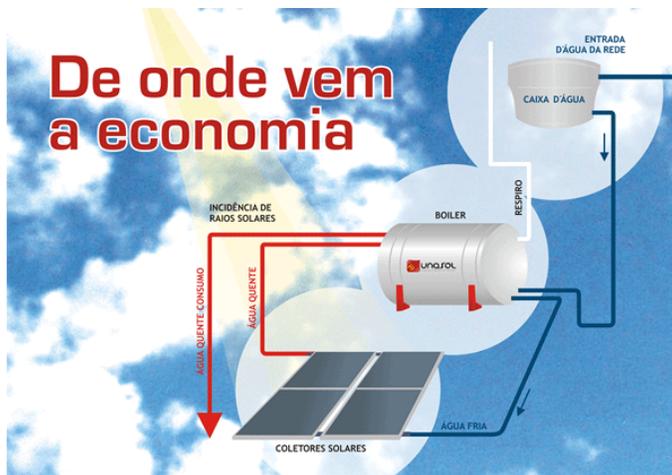


Figura 2.15: Esquema do sistema de aquecimento solar de água (Fonte: UNASOL)



Figura 2.16: Coletor de tubos de vácuo (Fonte: UNASOL)

2.7.1.2 Climatizadores Evaporativos

Os climatizadores evaporativos são uma alternativa aos aparelhos de ar condicionado, podendo gerar uma economia de 95% (ECOBRISA). Estes tipos de climatizadores possuem um ventilador que aspira o ar externo através de um painel que é continuamente umedecido. Desta forma, é possível diminuir a temperatura de um ambiente através do resfriamento evaporativo, onde o ar cede calor para as gotas de água evaporarem, tendo assim, a sua temperatura diminuída, além de deixá-lo mais úmido.

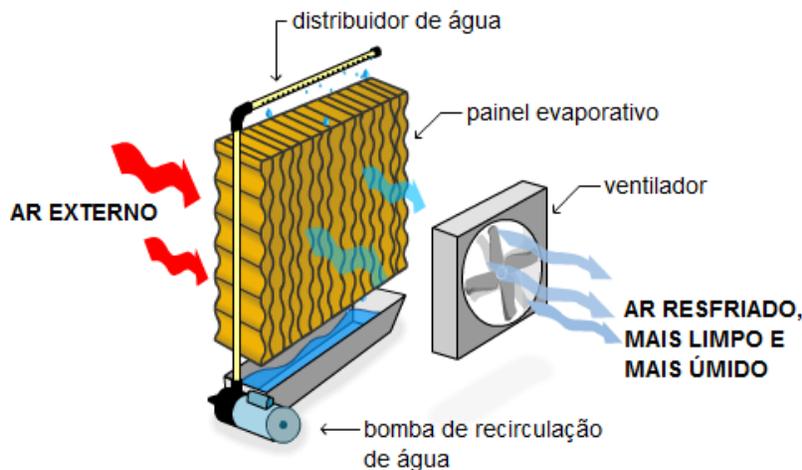


Figura 2.17: Modo de funcionamento de um climatizador evaporativo (Fonte: ECOBRISA)

2.7.1.3 Lâmpadas de LED

As lâmpadas de LED, sigla inglês para diodo emissor de luz, já se mostra como uma substituta para as lâmpadas incandescentes e mesmo para as lâmpadas fluorescente, por serem mais eficientes além de mais duráveis. Porém, o seu custo é alto, o que ainda inviabiliza a sua adoção em grande escala.

Estas lâmpadas convertem energia elétrica em luz quando a corrente elétrica percorre o material semicondutor da qual ela é feita.

2.7.2 Medida Geradora de Energia: Energia Solar

É possível gerar energia elétrica através do Sol com o uso de placas fotovoltaicas. Estas placas absorvem a luz solar gerando assim uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura semicondutora. O material mais utilizado para a fabricação de células fotovoltaicas é o silício, segundo elemento mais abundante na Terra.

O sistema fotovoltaico consiste em um conjunto de placas fotovoltaicas, uma unidade de controle de potência e uma unidade de armazenamento, como uma bateria. As placas absorvem a luz solar e a transforma em luz elétrica, que segue para a unidade de controle de potência que evita possíveis danos à bateria que armazena a energia elétrica para ser usada quando não há incidência de luz solar. Para a utilização de equipamentos de corrente alternada (CA) é preciso ainda a inclusão de um inversor de corrente.

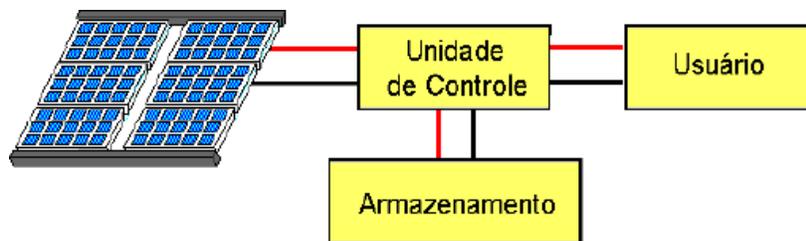


Figura 2.18: Sistema fotovoltaico (Fonte: CRESESB)

Uma possível solução adotada em alguns países é a ligação do sistema fotovoltaico de uma residência na rede de distribuição de energia, evitando assim a necessidade de armazenagem. Enquanto há incidência de luz solar, a energia produzida é utilizada e o excesso é direcionado para a rede, e quando não há incidência de luz solar ou a demanda é superior a energia gerada, a residência consome energia através da rede. Para isso, a concessionária de energia compraria a energia solar produzida, podendo ser deduzida da conta de energia.

2.7.3 Materiais Ecologicamente Corretos

2.7.3.1 Tijolos Modulares de Solo-Cimento

Uma alternativa para a alvenaria convencional de tijolo cerâmico, que é produzido através de um processo de queima, é o tijolo modular de solo-cimento que é feito através de um simples processo de cura.

Essa solução além de não emitir gás carbônico na atmosfera, apresenta uma grande economia na obra. Por seu formato ser de encaixe agiliza a construção e diminui o desperdício já que toda a tubulação passa pelos orifícios dos tijolos que também resulta em um melhor isolamento térmico.



Figura 2.19: Obra utilizando o tijolo modular de solo-cimento (Fonte: TIJOLECO)

2.7.3.2 Concretos Verdes

Os concretos verdes são aqueles que utilizam materiais de resíduos em sua composição. Como por exemplo o resíduo da borracha dos pneus, das cinzas do bagaço da cana, da casca do arroz, do lodo de esgoto, de resíduos sólidos urbanos e resíduos de construção e demolição. Essas medidas diminuem a quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários além de diminuir a quantidade de cimento utilizado, que é um dos principais materiais poluentes, responsável por 7% das emissões de CO₂ no planeta (IPCC).

2.7.3.3 Telhados Verdes

O telhado verde, também conhecido como telhado vivo, foi inventado na Alemanha na década de 60 e já ganha espaço em grandes metrópoles como Nova Iorque. O telhado verde consiste em cobrir a cobertura de uma edificação com vegetação, como a grama, aumentando assim o conforto térmico dentro da edificação e também fora se usado em grande escala. Além de auxiliar no controle de enchente urbana ajuda a combater o efeito estufa através da fotossíntese e serve como local de lazer agradável em um meio urbano muitas vezes sem área verde. Como desvantagem tem o aumento na sobrecarga da edificação, sendo necessário um reforço estrutural.

Os telhados verdes podem ser divididos em dois grupos, os extensivos e os intensivos. O primeiro tipo, os extensivos, tem uma espessura menor do substrato, de 5 a 15 cm, compostos de vegetação herbácea ou gramínea, com uma sobrecarga final de 60 a 150 kgf/m² (IGRA). O segundo tipo, os intensivos, se assemelha a um jardim suspenso, com uma maior espessura de substrato, de 15 a 50 cm, com uma vegetação gramínea, arbustiva ou arbóreas, com uma sobrecarga final de 180 a 500 kgf/m² (IGRA).



Figura 2.20: Casa com telhado verde (Fonte: FARIA, 2008)

3. Estudo de Caso

3.1 Caracterização do Edifício

O projeto consiste em um edifício multifamiliar, a ser localizado na rua Resedá, – Lagoa – Rio de Janeiro/RJ. O edifício de dez metros de altura, com pé direito de dois metros e meio, consta de:

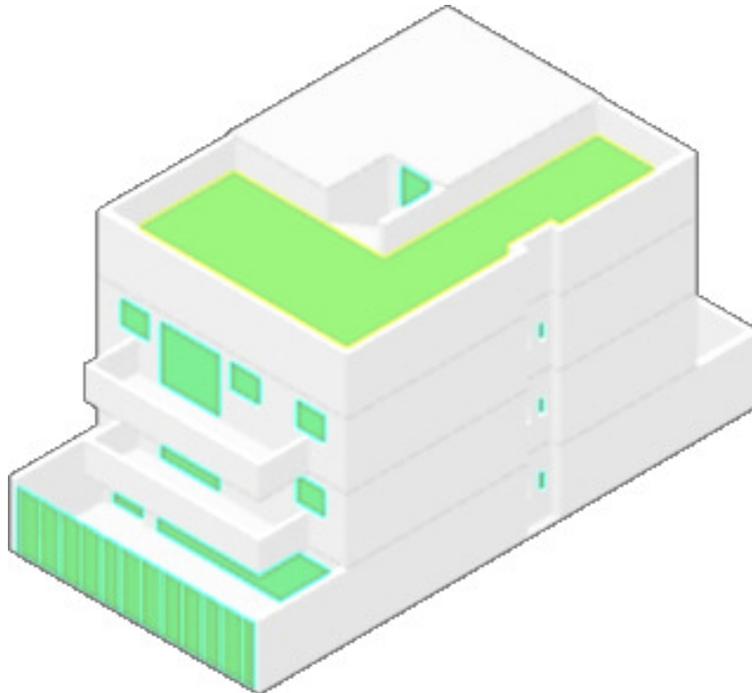


Figura 3.1: Perspectiva do edifício

– Um pavimento térreo com três vagas de garagem, um apartamento com dois quartos, dois banheiros, sala, cozinha e área de serviço em um mesmo ambiente além de área de uso comum localizada no fundo do terreno;

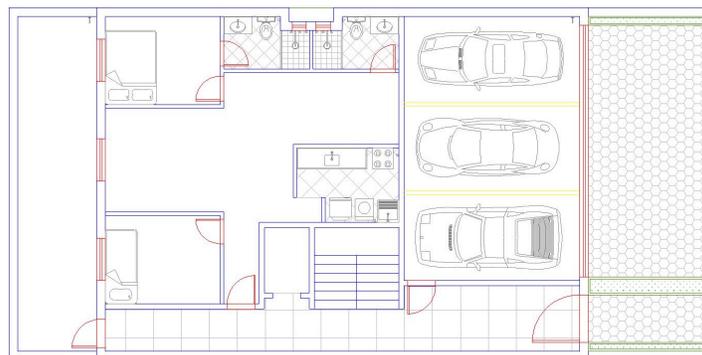


Figura 3.2: Tipologia arquitetônica do pavimento térreo

- Dois pavimentos tipo com um apartamento por andar, com três quartos, dois banheiros, sala, corredor, cozinha e área de serviço em um mesmo ambiente;

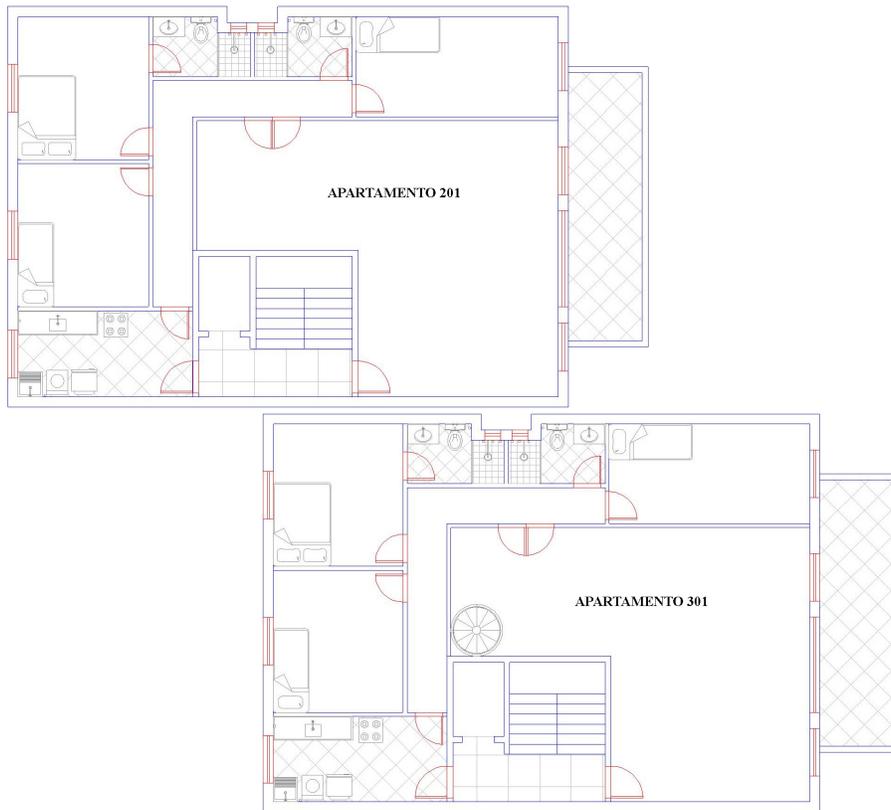


Figura 3.3: Tipologia arquitetônica dos pavimentos tipo

- Uma cobertura pertencente ao apartamento do 2º pavimento tipo, com uma sala e área descoberta de jardim.

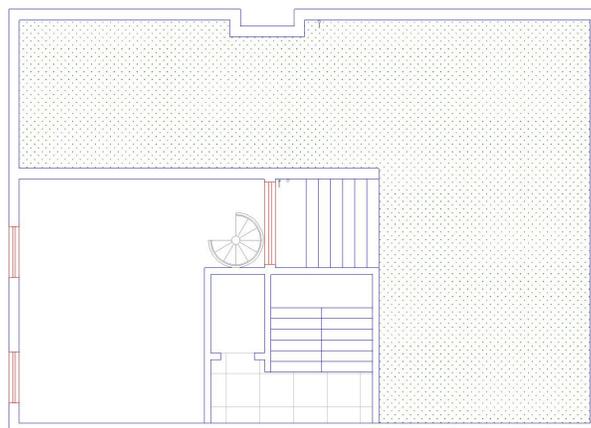


Figura 3.4: Tipologia arquitetônica da cobertura

Nos anexos 1 a 4 estão as plantas de arquitetura do projeto.

3.2 Projeto do Sistema Predial de Água Fria Convencional

3.2.1 Memorial de Cálculo

3.2.1.1 Dimensionamento do Sistema de Abastecimento

A partir da pressão em MCA e do consumo estimado obtém-se o diâmetro do ramal predial a partir da tabela abaixo fornecida pela concessionária:

Tabela 3.1: Tabela de dimensionamento do ramal predial para 24h de abastecimento diário e subdividida para pressões menores que 13 MCA; P unidade com até 2 quartos e G com mais de 2 quartos (Fonte: CEDAE)

Diâmetro	Caixa de Proteção	Consumo (m ³ /d)	Economia P	Economia G	Hidrômetro
½"	A	3	Até 3	Até 2	3 m ³ /H
¾"	A	6	4 a 6	3 a 4	3 m ³ /H
1"	B	14	7 a 14	5 a 10	7 m ³ /H
1 ½"	C	40	15 a 40	11 a 28	20 m ³ /H
2"	D	80	41 a 90	29 a 65	W-50
3"	E	200	91 a 250	66 a 170	W-80

Ramal Predial: ½"

De acordo com o Código de Obras do Município do Rio de Janeiro, para unidades residenciais deve-se adotar um consumo diário de 300 litros por compartimento habitável e 50 litros por vaga de garagem.

A estimativa do consumo diário de água, é dada pela fórmula:

$$CD = C \times P \therefore CD = [(2 \times 3) + (1 \times 2)] \times 300 + 3 \times 50 \therefore CD = 2.550 \text{ L/d}$$

$$Q \geq \frac{CD}{24 \times 60 \times 60} \therefore Q \geq \frac{2.550}{24 \times 60 \times 60} \therefore Q \geq 0,030 \text{ L/s}$$

Através do ábaco de diâmetros e vazões em função dos pesos obtém-se diâmetro de ½", porém o diâmetro mínimo indicado pela concessionária é de ¾".

Alimentador Predial: ¾"

3.2.1.2 Dimensionamento do Sistema de Reservação

$$RI = 1,5 \times CD$$

$$RI = 3.825 \text{ L}$$

$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{Q_{rec}} \times \sqrt[4]{X}$$

$$Q_{rec} = \frac{CD}{N_F \times 3,6.10^6}, \text{ adotando } N_F \text{ como sendo } 6h \therefore Q_{rec} = \frac{2.550}{6 \times 3,6.10^6}$$

$$Q_{rec} = 0,00012 \text{ m}^3/\text{s} \therefore Q_{rec} = 0,12 \text{ L/s}$$

$$X = \frac{N_F}{24} \therefore X = \frac{6}{24} \therefore X = 0,25$$

$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{0,00012} \times \sqrt[4]{0,25} \therefore D_{rec} = 0,01 \text{ m} \approx 10,0 \text{ mm}$$

$$D_{rec} = 1/2''$$

Através do ábaco de Fair-Whiple-Hsiao para tubulações em plástico obtém-se:

$$v = 0,9 \text{ m/s} < 3,0 \text{ m/s}$$

$$D_{suc} \geq D_{rec}$$

$$D_{suc} = 1/2''$$

Através do ábaco de Fair-Whiple-Hsiao para tubulações em plástico obtém-se:

$$v = 0,9 \text{ m/s} < 3,0 \text{ m/s}$$

$$H_{MAN} = H_{MAN}^{REC} + H_{MAN}^{SUC}$$

$$H_{MAN}^{SUC} = H_{SUC} + \Delta H_{SUC}; \Delta H_{SUC} = H_{perdas} + v^2 / 2g; H_{perdas} = Lv \times J$$

$$Lv = (1,11 + 1,06 + 1,18 + 0,50) + (9,50 + 1,20 + 0,40 + 4,80) = 19,75 \text{ m}$$

1x válvula de pé de crivo: 9,5; 1x joelho 90°: 1,2; 2x registro de gaveta aberto: 0,4;

2x tê de saída de lado: 4,8

$$H_{perdas} = 19,75 \times 0,11 \therefore H_{perdas} = 2,17$$

$$\Delta H_{SUC} = 2,17 + 0,9^2 / 2 \times 10 \therefore \Delta H_{SUC} = 2,21$$

$$H_{MAN}^{SUC} = 1,11 + 2,21 \therefore H_{MAN}^{SUC} = 3,32$$

$$H_{MAN}^{REC} = H_{REC} + \Delta H_{REC}; \Delta H_{REC} = H_{perdas} + v^2 / 2g; H_{perdas} = Lv \times J$$

$$Lv = (0,16 + 1,86 + 7,63 + 4,52 + 1,41 + 2,71 + 0,15 + 1,15 + 1,85 + 0,08 + 0,02) + (0,20 + 4,10 + 10,80 + 2,40) = 39,04 \text{ m}$$

1x registro de gaveta aberto: 0,2; 1x válvula de retenção tipo pesado: 4,1;

9x joelho de 90°: 10,8; 1x tê de saída de lado: 2,4

$$H_{perdas} = 39,04 \times 0,11 \therefore H_{perdas} = 4,29$$

$$\Delta H_{REC} = 4,29 + 0,9^2 / 2 \times 10 \therefore \Delta H_{REC} = 4,33$$

$$H_{MAN}^{REC} = 14,07 + 4,33 \therefore H_{MAN}^{REC} = 18,40$$

$$H_{MAN} = 3,32 + 18,40 \therefore H_{MAN} = 21,72$$

$$Pot = \frac{QH_{MAN}}{75R}, R \text{ adotado como } 60\% \therefore Pot = \frac{0,12 \times 21,72}{75 \times 0,6} \therefore Pot = 0,06 \text{ CV} = 0,06 \text{ HP}$$

Adotado a potência mínima de 0,5 HP.

Pot = 0,5 HP

$$RS = CD + RTI$$

Como não é necessário reserva técnica de incêndio para edificações de até 3 pavimentos e menos que 900 m² de área construída, tem-se:

RS = 2.550 L

3.2.1.3 Dimensionamento do Sistema de Distribuição

Dimensionamento dos Subramais:

Vaso sanitário com caixa de descarga = 1/2"

Ducha higiênica = 1/2"

Chuveiro = 1/2"

Lavatório = 1/2"

Máquina de lavar roupa = 3/4"

Pia de cozinha = 1/2"

Tanque = 3/4"

Torneira = 3/4"

Dimensionamento dos Ramais:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum p}$$

Ramal	Peso Relativo (p)								Q (L/s)	D	v (m/s)
	Torneira	Lavatório	Ducha Higiénica	Chuveiro	Vaso Sanitário	Tanque	Pia de Cozinha	Máquina de Lavar Roupa			
AF1-1	0,4								0,19	¾"	0,65
AF1-2		0,3	0,1	0,4	0,3				0,31	¾"	1,00
AF1-3						0,7	0,7		0,35	¾"	1,20
AF1-4								1,0	0,30	¾"	1,00
AF2-1						0,7	0,7		0,35	¾"	1,20
AF2-2								1,0	0,30	¾"	1,00

Dimensionamento das Colunas:

AF1				
COL	PS	Pac	Q	D
2-co	2,2	9,8	0,94	1"
1-2	2,2	7,6	0,83	1"
T-1	5,4	5,4	0,70	1"

AF2				
COL	PS	Pac	Q	D
2-co	2,4	4,8	0,66	1"
1-2	2,4	2,4	0,46	¾"
T-1	0,0	0,0	0,0	-

Dimensionamento do Barrilete:

Coluna	Peso	
AF1	9,8	$\Sigma AF = 14,6$
AF2	4,8	$\Sigma AF / 2 = 7,3$
		$Q = 0,3 \times \sqrt{7,3} = 0,81 \text{ l/s}$
		$J = 0,08(\text{arbitrado})$

$$D = 1 \frac{1}{4}"$$

3.2.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 5 a 8.

3.3 Projeto do Sistema Predial de Esgotamento Sanitário Convencional

3.3.1 Memorial de Cálculo

Dimensionamento dos Ramais de Descarga:

	Nº de UHC	Diâmetro (mm)
Lavatório de residência	1	40
Bacia sanitária	6	100
Chuveiro de residência	2	40
Pia de cozinha residencial	3	50
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar roupas	3	50

Dimensionamento dos Ramais de Esgoto:

RALO SINFONADO DOS BANHEIROS	Nº de UHC
Lavatório de residência	1
Chuveiro de residência	2
Total:	3

Nº de UHC = 3 → 40 mm

Obs.: Adotado o diâmetro comercial de 50 mm.

RALO SINFONADO DAS ÁREAS DE SERVIÇO	Nº de UHC
Tanque de lavar roupas	3
Máquina de lavar roupas	3
Total:	6

Nº de UHC = 6 → 50 mm

Dimensionamento dos Tubos de Queda:

TQ1 E TQ2 (SEM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Bacia sanitária	6
Lavatório de residência	1
Chuveiro de residência	2
Total:	9

Nº de UHC = 9; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = 9 x 2 = 18 → 75 mm

Obs.: O diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga das bacias sanitárias é de 100 mm segundo a ABNT, assim sendo, o diâmetro nominal do tubo de queda é de 100 mm.

Dimensionamento dos Tubos Secundários:

TS1 (SEM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Tanque de lavar roupas	3
Máquina de lavar roupas	3
Total:	6

Nº de UHC = 6; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = 6 x 2 = 12 → 75 mm

Dimensionamento dos Tubos de Gordura:

TG1 (COM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Pia de cozinha residencial	3

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 50 \text{ mm}$

Parte horizontal do desvio (declividade de 2%):

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 100 \text{ mm}$

Parte vertical após o desvio:

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 50 \text{ mm}$

Obs.: O diâmetro nominal mínimo do tubo de queda de gordura na parte vertical após o desvio não pode ser menor que o adotado na parte horizontal do desvio, logo: *100mm*.

Dimensionamento dos Coletores e Subcoletores:

CI 1

Contribuições: Dois lavatórios e dois chuveiros

Apenas a UHC do aparelho de maior descarga de cada banheiro

Nº total de UHC = $2 + 2 = 4$; Declividade: 1%; DN: 100 mm

CI 2

Contribuições: TQ1, TQ2 e dois vasos sanitários

Nº total de UHC = $18 + 18 + 6 + 6 = 48$; Declividade: 1%; DN: 100 mm

Distância entre CI 2 e CI 3: 14,20 m; Desnível = $1\% \times 14,20 = 0,14 \text{ m}$

Dimensionamento da Caixa Sifonada:

CS 1

Contribuições: TS1, um tanque e uma máquina de lavar roupa

Nº total de UHC = 18

Caixa Sifonada Especial

Declividade: 2%; DN: 75 mm

Distância entre CS 1 e CI 1: 9,03 m; Desnível = $2\% \times 9,03 = 0,18 \text{ m}$

Dimensionamento da Caixa de Gordura:

CG 1

Contribuições: Três cozinhas

Caixa de Gordura Dupla

Declividade: 1%; DN: 100 mm

Distância entre CG 1 e CP 10: 9,48 m; Desnível = $1\% \times 9,48 = 0,09$ m

Dimensionamento das Caixas de Passagem:

CP 1

Contribuições: Um lavatório e um chuveiro

Nº total de UHC = $1 + 2 = 3 \rightarrow 40$ mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 1 e CP 2: 0,87 m; Desnível = $2\% \times 0,87 = 0,02$ m

CP 2

Contribuições: CP 1

Nº total de UHC = $3 \rightarrow 40$ mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 2 e CI 1: 4,18 m; Desnível = $2\% \times 4,18 = 0,08$ m

CP 3

Contribuições: TQ1

Nº total de UHC = $18 \rightarrow 75$ mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 3 e CI 2: 6,00 m; Desnível = $2\% \times 6,00 = 0,12$ m

CP 4

Contribuições: TS1

Nº total de UHC = $12 \rightarrow 75$ mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 4 e CP 5: 5,30 m; Desnível = $2\% \times 5,30 = 0,11$ m

CP 5

Contribuições: CP 4

Nº total de UHC = $12 \rightarrow 75$ mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 5 e CP 7: 3,20 m; Desnível = $2\% \times 3,20 = 0,06$ m

CP 6

Contribuições: TG 1

Nº total de UHC = $6 \rightarrow 50$ mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 6 e CG 1: 4,75 m; Desnível = $2\% \times 4,75 = 0,095$ m

CP 7

Contribuições: CP 5

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 7 e CS 1: 0,45 m; Desnível = 2% x 0,45 = 0,01 m

CP 8

Contribuições: CG 1

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 8 e CG 1: 0,13 m; Desnível = 2% x 0,13 = 0,00 m

CP 9

Contribuições: Um lavatório e um chuveiro

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 9 e CI 1: 9,93 m; Desnível = 2% x 9,93 = 0,20 m

CP 10

Contribuições: CG 1

Nº total de UHC = 9 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 10 e CI 1 e CI 2: 0,43 m; Desnível = 2% x 0,43 = 0,00 m

Dimensionamento dos Ramais de Esgoto do Pavimento Térreo:

Vaso sanitário do banheiro 1 – CI 2

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 1%;

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 5,71 m; Desnível = 1% x 5,71 = 0,06 m

TQ 2 – CI 2

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 7,50 m; Desnível = 1% x 7,50 = 0,08 m

Vaso sanitário do banheiro 2 – CI 2

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 8,04 m; Desnível = 1% x 8,04 = 0,08 m

Ralo sifonado do banheiro 1 – CP 1

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 9,36 m; Desnível = 2% x 9,36 = 0,19 m

TQ 1 – CP 3

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 9,27 m; Desnível = 1% x 9,27 = 0,09 m

TS 1 – CP 4

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância: 2,04 m; Desnível = 2% x 2,04 = 0,04 m

TG 1 – CP 6

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 7,05 m; Desnível = 2% x 7,05 = 0,14 m

Ralo sifonado da área de serviço – CP 7

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 0,97 m; Desnível = 2% x 0,97 = 0,02 m

Pia de cozinha – CP 8

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 2,30 m; Desnível = 2% x 2,30 = 0,04 m

Ralo sifonado do banheiro 2 – CP 9

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 1,29 m; Desnível = 2% x 1,29 = 0,03 m

CV 1 – CI 2

DN = 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 6,79 m; Desnível = 2% x 6,79 = 0,14 m

Ralo sifonado da garagem – CS 1

Nº total de UHC = 2 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 0,25 m; Desnível = 2% x 0,25 = 0,00 m

CV 2 – CI 2

DN = 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 7,87 m; Desnível = 2% x 7,87 = 0,18 m

Dimensionamento dos Ramais de Ventilação:

Banheiros do 1º e 2º pavimentos

Sem vaso sanitário; Nº total de UHC = 3 → 40 mm

Banheiro 1 do pavimento térreo

Com vaso sanitário; Nº total de UHC = 6 → 50 mm

Banheiro 2 do pavimento térreo

Com vaso sanitário; Nº total de UHC = 9 → 50 mm

Dimensionamento das Colunas de Ventilação:

CV 1 e CV 2

Nº total de UHC = 18; Diâmetro do ramal de esgoto: 100 mm

Comprimento: 10,45 m; Diâmetro adotado: 50 mm

TQ 1 e TQ 3

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 100 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 50 mm

TQ 2 e TQ 4

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 50 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

TS 1

Nº total de UHC = 12; Diâmetro do tubo de queda: 75 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

TG 1

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 50 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

3.3.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 9 a 11.

3.4 Projeto do Sistema Predial de Águas Pluviais Convencional

3.4.1 Memorial de Cálculo

Dimensionamento das Vazões:

Área da Cobertura para T = 5 anos:

$$Q = 167 \times 140 / 60 \therefore Q = 389,67 \text{ L/min}$$

Área do pavimento térreo para T = 25 anos:

$$Q = 227 \times 60 / 60 \therefore Q = 227,00 \text{ L/min}$$

Dimensionamento das Calhas:

125 mm – 0,5%

Dimensionamento do Condutor Vertical:

70 mm ; Adotado 75 mm

Dimensionamento do Condutor Horizontal:

150 mm – 0,5%

3.4.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 9 a 11.

3.5 Estimativa do Consumo de Água

Em cada um dos três apartamentos, constam os seguintes aparelhos sanitários: dois vasos sanitários, duas duchas higiênicas, dois lavatórios, dois chuveiros, uma pia de cozinha, um tanque e uma máquina de lavar roupa. Além disso, há duas torneiras no pavimento térreo, uma na garagem e outra no fundo do terreno, e mais duas torneiras no jardim da cobertura, sendo uma acoplada a um sistema de irrigação. Foi adotado os seguintes consumos para cada aparelho sanitário demonstrados na tabela abaixo:

Tabela 3.2: Consumo por aparelho sanitário (Fonte: 1 - IPT; 2 – GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 - Adotando 3 mm/d)

Aparelho Sanitário	Vazão ¹	Uso Diário por Habitante ²	Consumo (L/hab.d)
Chuveiro	9 L/min	15 min	135,00
Lavatório	3 L/min	4 min	12,00
Ducha Higiênica	-	-	-
Tanque	12 L/min	1,25 min	15,00
Máquina de Lavar Roupa	108 L/ciclo ²	0,27 ciclo/d	29,16
Pia de Cozinha	6 L/min	3,75 min ³	22,50
Vaso Sanitário	6,8 L	5 vezes	34,00
TOTAL POR PESSOA	-	-	247,66
Aparelho Sanitário	-	-	Consumo (L/d)
SUBTOTAL 1	-	-	3.962,56
Torneiras			
- Limpeza	-	-	98,27 ²
- Irrigação	-	-	229,65 ⁴
SUBTOTAL 2			327,92
TOTAL			4.290,48

Para estimativa do consumo de água das torneiras, para a lavagem de áreas impermeabilizadas, foi utilizado o método apresentado por GONÇALVES (2006), multiplicando-se a área (92,13 m²) por 4 L/d.m² e 8 utilizações/mês.

Para a estimativa do consumo de água para irrigação do jardim da cobertura multiplicou-se a área (76,55 m²) por 3 mm/d.

Consumo mensal: 128,71 m³/mês

4. Inclusão de Mecanismos Economizadores de Água

Adotando algumas medidas no intuito de economizar o consumo de água, como:

- Arejadores para os lavatórios, tanques e pias de cozinha;
- Chuveiro de baixa vazão;
- Lavatório com sistema automatizado;
- Vaso sanitário com caixa acoplada de dois volumes (descarga seletiva).

4.1 Estimativa do Consumo de Água

Tabela 4.1: Consumo por aparelho sanitário com mecanismo economizadores de água (Fonte: 1 - IPT; 2 – GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 - Adotando 3 mm/d; 5 – CELITE; 6 – DECA)

Aparelho Sanitário	Vazão ¹	Uso Diário por Habitante ²	Consumo (L/hab.d)
Chuveiro	3 L/min	15 min	45,00
Lavatório	1,5 L/min	1 min ⁶	1,50
Ducha Higiênica	-	-	-
Tanque	6 L/min	1,25 min	7,50
Máquina de Lavar Roupas	108 L/ciclo ²	0,27 ciclo/d	29,16
Pia de Cozinha	3 L/min	3,75 min ³	11,25
Vaso Sanitário	6 L ⁵	1 vez	6,00
	3 L ⁵	4 vezes	12,00
	-	-	18,00
TOTAL POR PESSOA	-	-	112,41
Aparelho Sanitário	-	-	Consumo (L/d)
SUBTOTAL 1	-	-	1.793,76
Torneiras			
- Limpeza	-	-	98,27 ²
- Irrigação	-	-	229,65 ⁴
SUBTOTAL 2			327,92
TOTAL			2.121,68

Consumo mensal: 63,65 m³/mês, economia de 50,55% se comparado a uma edificação sem mecanismos economizadores de água.

4.2 Estimativa do Custo

Segue abaixo uma tabela de levantamento de preço para se estimar o custo para a implementação dos dispositivos economizadores de água ao invés dos convencionais:

Tabela 4.2: Levantamento de preços dos aparelhos sanitários (Fonte: CEC)

Produto	Preço unitário - R\$	Unidades	Preço - R\$
Torneira 1180C Decalux - Deca	801,55	6	4.809,30
Torneira 1199 C50 - Deca	110,70	6	664,20
Ducha Advanced Turbo - Lorenzetti	129,70	6	778,20
Chuveiro 1973C - Deca	119,85	6	719,10
Caixa para Acoplar Ecoflsuh - Celite	142,80	6	856,80
Caixa para Acoplar - Celite	115,70	6	694,20
Arejador Deca	18,70	12	224,40
TOTAL	-	-	4.591,20

4.3 Viabilidade Econômica

A economia, utilizando os dispositivo economizadores de água, é de 2.168,8 L/d, o que dá 65,06 m³/mês. Adotando as tarifas da CEDAE demonstradas abaixo pode-se chegar a economia em dinheiro:

Tarifa CEDAE com vigência em 01/08/2010:

Tarifa mínima: 1,703051 x 15 m³/mês

Tarifa 3A: 0 a 15 m³ - 1,951015

16 a 30 m³ - 4,292233

31 a 45 m³ - 5,853045

46 a 60 m³ - 11,706090

Acima de 60 m³ - 15,608120

Tabela 43: Economia devido aos mecanismos economizadores de água

	m ³ /mês		R\$/mês	
Sem Mecanismos Economizadores de Água	128,71		2.034,47	
Com Mecanismos Economizadores de Água	63,65		1.019,00	
	m ³ /mês	(%)	R\$/mês	(%)
ECONOMIA	65,06	50,55	1.015,47	49,89

Pode-se ainda concluir que a inclusão de um chuveiro de baixa vazão é o que possui o menor custo benefício, custando R\$ 59,10 e economizando 1.440 litros por dia, seguido pelos arejadores, custando R\$ 224,40 e economizando 396 litros por dia, pelo vaso sanitário, custando R\$ 162,60 e economizando 256 litros por dia e por último, o lavatório, custando R\$ 4.145,10 e economizando 144 litros por dia.

Tabela 4.4: Amortização do investimento inicial nos mecanismos economizadores de água

Mês	Saldo Inicial	Juros	Saldo Final (1)
0	-R\$ 4.591,20	R\$ 0,00	-R\$ 4.591,20
1	-R\$ 4.591,20	-R\$ 22,96	-R\$ 4.614,16
2	-R\$ 3.598,69	-R\$ 17,99	-R\$ 3.616,68
3	-R\$ 2.601,21	-R\$ 13,01	-R\$ 2.614,22
4	-R\$ 1.598,75	-R\$ 7,99	-R\$ 1.606,74
5	-R\$ 591,27	-R\$ 2,96	-R\$ 594,23
6	R\$ 421,24	R\$ 2,11	R\$ 423,35
7	R\$ 1.438,82	R\$ 7,19	R\$ 1.446,01
8	R\$ 2.461,48	R\$ 12,31	R\$ 2.473,79
9	R\$ 3.489,26	R\$ 17,45	R\$ 3.506,71
10	R\$ 4.522,18	R\$ 22,61	R\$ 4.544,79
11	R\$ 5.560,26	R\$ 27,80	R\$ 5.588,06
12	R\$ 6.603,53	R\$ 33,02	R\$ 6.636,55

Mês	Pag. de Juros	Pag. Amortizado	Pag. Total	Saldo Final (2)
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 4.591,20
1	R\$ 22,96	R\$ 992,51	R\$ 1.015,47	-R\$ 3.598,69
2	R\$ 17,99	R\$ 997,48	R\$ 1.015,47	-R\$ 2.601,21
3	R\$ 13,01	R\$ 1.002,46	R\$ 1.015,47	-R\$ 1.598,75
4	R\$ 7,99	R\$ 1.007,48	R\$ 1.015,47	-R\$ 591,27
5	R\$ 2,96	R\$ 1.012,51	R\$ 1.015,47	R\$ 421,24
6	-R\$ 2,11	R\$ 1.017,58	R\$ 1.015,47	R\$ 1.438,82
7	-R\$ 7,19	R\$ 1.022,66	R\$ 1.015,47	R\$ 2.461,48
8	-R\$ 12,31	R\$ 1.027,78	R\$ 1.015,47	R\$ 3.489,26
9	-R\$ 17,45	R\$ 1.032,92	R\$ 1.015,47	R\$ 4.522,18
10	-R\$ 22,61	R\$ 1.038,08	R\$ 1.015,47	R\$ 5.560,26
11	-R\$ 27,80	R\$ 1.043,27	R\$ 1.015,47	R\$ 6.603,53
12	-R\$ 33,02	R\$ 1.048,49	R\$ 1.015,47	R\$ 7.652,02

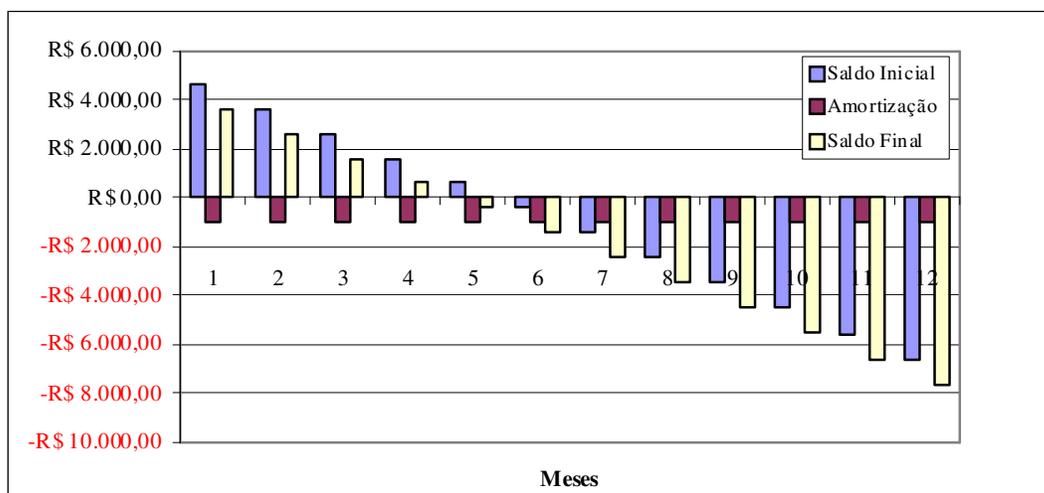


Figura 4.1: Gráfico da amortização do investimento inicial nos mecanismos economizadores de água

Pay-back em 5 meses.

5. Sistema Modificado I

No sistema modificado I, a água cinza tratada é direcionada para o reservatório inferior complementar 2, enquanto que a água pluvial coletada segue para o reservatório complementar 1. Uma bomba recalca a água desses reservatórios para o reservatório superior complementar que abastece as colunas referentes aos vasos sanitários e as torneiras. As demais colunas são abastecidas com água potável vinda da concessionária, conforme ilustrado na figura 5.1.

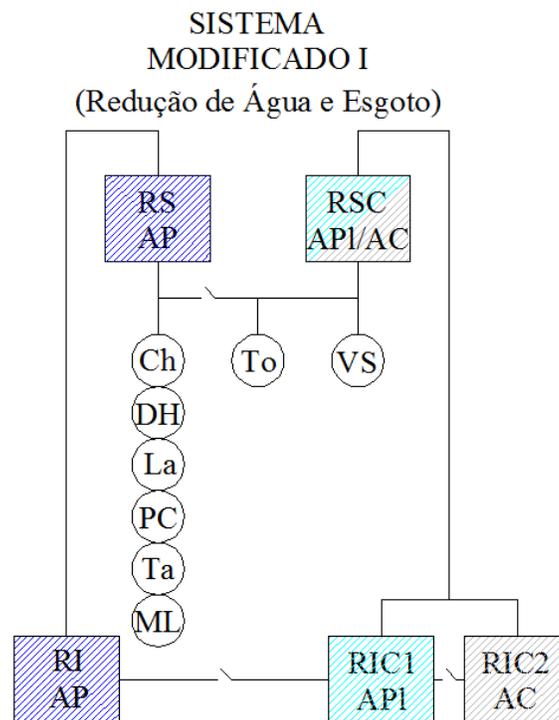


Figura 5.1: Arranjo do sistema modificado I

5.1 Dimensionamento do Sistema de Reuso de Águas Cinzas

Toda água cinza gerada na edificação é direcionada para a caixa de inspeção 1, sendo ligada à uma elevatória de água cinza bruta, que serve também como um tanque de regularização de vazão. Na entrada da elevatória, deverá haver um gradeamento fino como tratamento primário, pois um gradeamento grosseiro já é realizado nas entradas dos ramais de descarga.

As águas negras seguem para a caixa de inspeção 2 que se liga a caixa de inspeção 3. Esta é ligada a rede coletora de esgoto. A água esgotada pelas cozinhas segue para a caixa de gordura, e segue até uma caixa de passagem localizada entre a caixa de inspeção 1 e a caixa de inspeção 2, podendo assim se escolher entre reutilizar a água esgotada das cozinhas ou não.

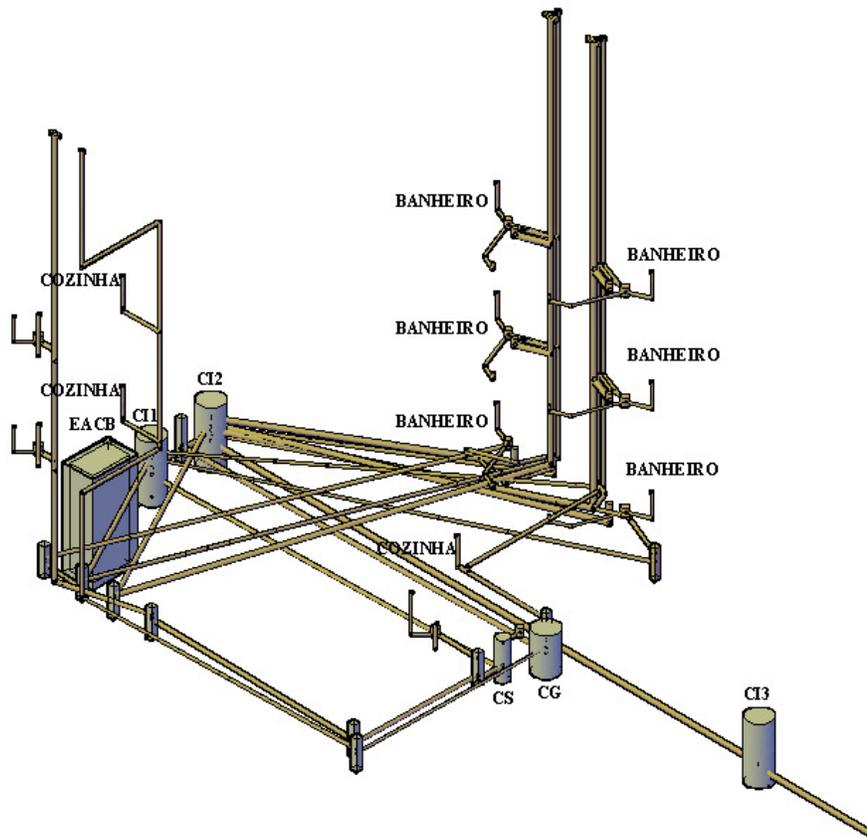


Figura 5.2: Arranjo do sistema de esgotamento sanitário para reúso da água cinza

Com uma bomba a água cinza bruta é recalçada para a entrada da estação de tratamento de água cinza (ETAC) que sai para o reservatório inferior complementar 2 no caso do sistema modificado I, sendo recalçada para o reservatório superior complementar, ou para o reservatório inferior convencional no caso do sistema modificado II e III, nesse caso, sendo recalçada para o reservatório superior convencional.

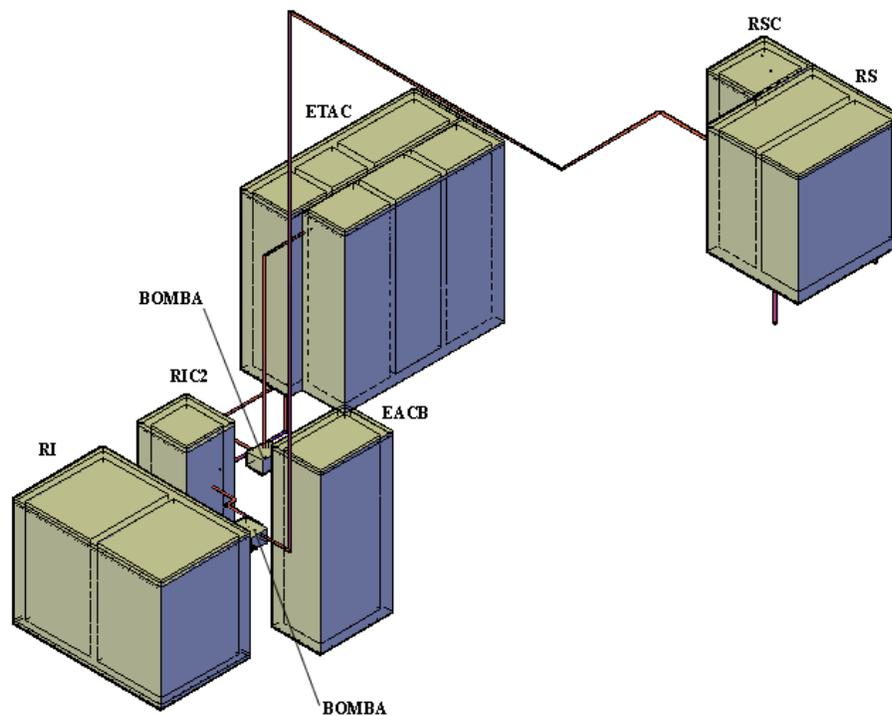


Figura 5.3: Arranjo do sistema reuso de água cinza

Na ETAC, o tratamento secundário é realizado por uma associação em série de um reator anaeróbico com três compartimentos (RAC) que opera em série e com fluxo ascendente, e um reator aeróbico, filtro biológico aerado submerso (FBAS), que também trabalha em fluxo ascendente, seguido por um decantador secundário (DEC) para haver retenção física da biomassa e por fim por um filtro terciário (FT) para polimento da água cinza tratada, trabalhando com fluxo descendente.

O lodo acumulado no decantador secundário é encaminhado para o início do RAC que deve ser descartado depois de estabilizado. Pode-se ainda aproveitar a emissão de biogás emitido pelo RAC.

No tratamento terciário (desinfecção), será utilizado pastilhas de cloro em flutuador no reservatório inferior de água cinza. A aeração do FBAS e do FT é realizada através de um compressor. Esse arranjo é recomendado pelo PROSAB por ser uma estação compacta, apresentar pequena produção de lodo, possibilidade de ser coberta, dentre outros. Características essas essenciais para se tratar esgoto em uma edificação.

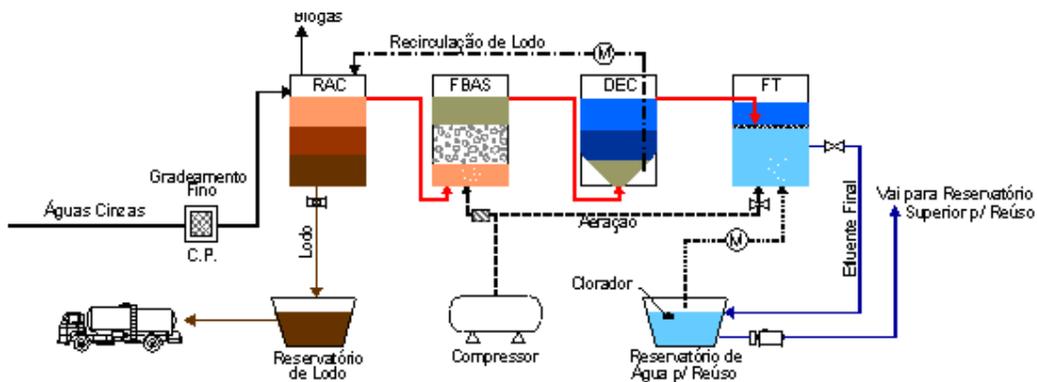


Figura 5.4: Esquema de uma estação de tratamento de águas cinzas (Fonte: PERTEL, 2010)

Para dimensionar a estação de tratamento de águas cinzas (ETAC), será considerado a demanda para atender o sistema modificado II, ou seja, toda água cinza será encaminhada para a ETAC para ser tratada. Considerando a inclusão dos mecanismos economizadores de água citados no capítulo 4, temos que a vazão de água cinza diária no edifício será:

Tabela 5.1: Vazão de Água Cinza Diária (Fonte: 1 - IPT; 2 - GONÇALVES, 2006; 3 - BAZZARELLA, 2005; 4 - DECA)

Aparelho Sanitário	Vazão ¹	Uso Diário por Habitante ²	Consumo (L/hab.d)
Chuveiro	3 L/min	15 min	45,00
Lavatório	1,5 L/min	1 min ⁴	1,50
Ducha Higiênica	-	-	-
Tanque	6 L/min	1,25 min	7,50
Máquina de Lavar Roupa	108 L/ciclo ²	0,27 ciclo/d	29,16
Pia de Cozinha	3 L/min	3,75 min ³	11,25
TOTAL POR PESSOA	-	-	94,41
Aparelho Sanitário	-	-	Consumo (L/d)
SUBTOTAL I	-	-	1.510,56
Torneira			
- Limpeza	-	-	40,00 ²
TOTAL			1.550,56

$$Q_{AC} = 0,0646 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para a limpeza de áreas externas, o Prosab recomenda utilizar 4 L/d.m², oito vezes ao mês. Foi considerado apenas a contribuição do ralo da garagem, já que os ralos das áreas descobertas são encaminhados para a rede de águas pluviais, sendo a área de 37,5 m².

Alguns autores não consideram as águas vindas das pias de cozinha como sendo água cinza, devido a alta concentração de matérias orgânicas. Sendo assim, no projeto, consta a saída da caixa de gordura entre as duas caixas de inspeção, uma sendo de águas cinzas e outra de águas negras, podendo assim, dar dois destinos distintos para essas águas.

Foi desenvolvida uma planilha em Excel para auxiliar o projeto de ETAC's de novas edificações, a fim de se agilizar o processo de seu dimensionamento. Nesta planilha se entra com a quantidade de quartos em uma edificação, a área externa para estimativa do uso de água para lavagem e a largura da ETAC. Os demais dados foram utilizados de GONÇALVES, 2006, conforme apresentado a seguir. Como saída do programa tem-se o volume e área superficial de cada compartimento da ETAC, além de suas dimensões, e a vazão de ar necessária no FBAS.

Dimensionamento do Reator Anaeróbico Compartimentado (RAC)

Dado de Entrada: Altura da ETAC: 2,5 m

$$VRAC = K_2 \times Q_{méd} \times \theta$$

Utilizando a tabela 23.1 do livro Tratamento de Esgotos Domésticos, para uma temperatura média no esgoto de 20°C, e assegurando uma eficiência de 65% na remoção de DBO, adotou-se o tempo de detenção hidráulica como sendo 10h.

$$VRAC = 3 \times 0,0646 \times 10; VRAC = 1,94 \text{ m}^3$$

Adotando-se uma altura útil de 2,00 m, tem-se:

$$ARAC = \frac{1,94}{2}; ARAC = 0,97 \text{ m}^2$$

Sendo a área superficial de cada um dos três compartimentos igual a:

$$A'RAC = 0,33 \text{ m}^2$$

Sendo então adotado como dimensão de cada compartimento:

0,60 x 0,60 x 2,00 (2,50) m

5.1.1 Dimensionamento do Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS)

Sendo adotados os seguintes parâmetros:

$C_v \text{ DBO} = 0,5 \text{ kg.DBO}_5/\text{m}^3.\text{d}$; $\text{DBO}_5 = 200 \text{ mg/L}$; $H_{\text{leito}} = 1,20\text{m}$; $E_{\text{RAC DBO}_5} = 65\%$

$T_{\text{ar}} = 30 \text{ N.m}^3/\text{kg.DBO}_5\text{aplicado}$

Carga orgânica aplicada sobre o meio granular:

$$C_{\text{DBO}_{\text{FBAS}}} = (1 - E_{\text{RAC}}) \times K_2 \times Q_{méd} \times \text{DBO};$$

$$C_{\text{DBO}_{\text{FBAS}}} = (1 - 0,65) \times 3 \times (0,0646 \times 24) \times \left(\frac{200}{1000} \right); C_{\text{DBO}_{\text{FBAS}}} = 0,33 \text{ kg.DBO}_5/\text{d}$$

Volume de meio granular/leito filtrante:

$$V_{\text{FBAS}} = \frac{C_{\text{DBO}_{\text{FBAS}}}}{C_v \text{ DBO}_{\text{FBAS}}}; V_{\text{FBAS}} = \frac{0,33}{0,5}; V_{\text{FBAS}} = 0,66 \text{ m}^3$$

Área superficial:

$$A_{\text{FBAS}} = \frac{V_{\text{FBAS}}}{h_{\text{leito}}}; A_{\text{FBAS}} = \frac{0,66}{1,20}; A_{\text{FBAS}} = 0,55 \text{ m}^2$$

Adotando $B_{\text{FBAS}} = 0,60 \text{ m}$, tem-se:

$$LFBAS = \frac{A_{FBAS}}{B_{FBAS}}; LFBAS = \frac{0,55}{0,60}; LFBAS = 0,92 \text{ m}$$

Dimensões adotadas:

0,92 x 0,60 x 2,00 (2,50) m; Altura do leito (hleito) = 1,20 m
--

Calculando a vazão de ar:

$$Q_{ar} = T_{ar} \times CDBO_{FBAS}; Q_{ar} = 30 \times 0,33$$

$Q_{ar} = 9,90 \text{ N.m}^3/\text{d}$
--

5.1.2 Dimensionamento do Decantador Secundário (DEC)

Adotando taxa superficial (t_s) de 25 m³/m².d:

$$A_{DEC} = \frac{K2 \times Q_{méd}}{t_s}; A_{DEC} = \frac{3 \times 0,0646 \times 24}{25}; A_{DEC} = 0,19 \text{ m}^2$$

Adotando BDEC = 0,60 m, tem-se:

$$L_{DEC} = \frac{A_{DEC}}{B_{DEC}}; L_{DEC} = \frac{0,19}{0,60}; L_{DEC} = 0,32 \text{ m} \leftrightarrow 0,60 \text{ m}$$

Dimensões adotadas:

0,60 x 0,60 x 2,00 (2,50) m

5.1.3 Dimensionamento do Filtro Terciário (FT)

Adotando velocidade ascensional (v) de 4 m/h:

$$A_{FT} = \frac{K2 \times Q_{méd}}{v}; A_{FT} = \frac{3 \times 0,0646}{4}; A_{FT} = 0,05 \text{ m}^2$$

Adotando BFT = 0,60 m, tem-se:

$$L_{FT} = \frac{A_{FT}}{B_{FT}}; L_{FT} = \frac{0,05}{0,60}; L_{FT} = 0,08 \text{ m} \leftrightarrow 0,60 \text{ m}$$

Dimensões adotadas:

0,60 x 0,60 x 2,00 (2,50) m

5.2 Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

As águas pluviais são coletadas na cobertura através de calhas, que deságuam no condutor vertical e que por fim chegam a caixa de areia 3. Da caixa de areia, a água segue até o reservatório inferior complementar 1 através de um condutor horizontal, passando antes por um processo de filtração que tanto pode ser no condutor vertical quanto no condutor horizontal. As águas pluviais coletadas nas áreas externas do pavimento térreo são encaminhadas para a caixa de areia 2, podendo esta estar ligada a caixa de areia 3 em caso de utilização, ou seguir para a caixa de areia 1 que é ligada a rede coletora.

Do reservatório a água é recalçada para o reservatório superior complementar, sendo que no caso do sistema modificado II, a água pode ser também encaminhada para o reservatório inferior complementar 2.

No caso de extravasão do reservatório inferior complementar 1, a água é conduzida para a caixa de areia 1 para seguir para a rede.

Na figura 5.3 é mostrado um arranjo do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

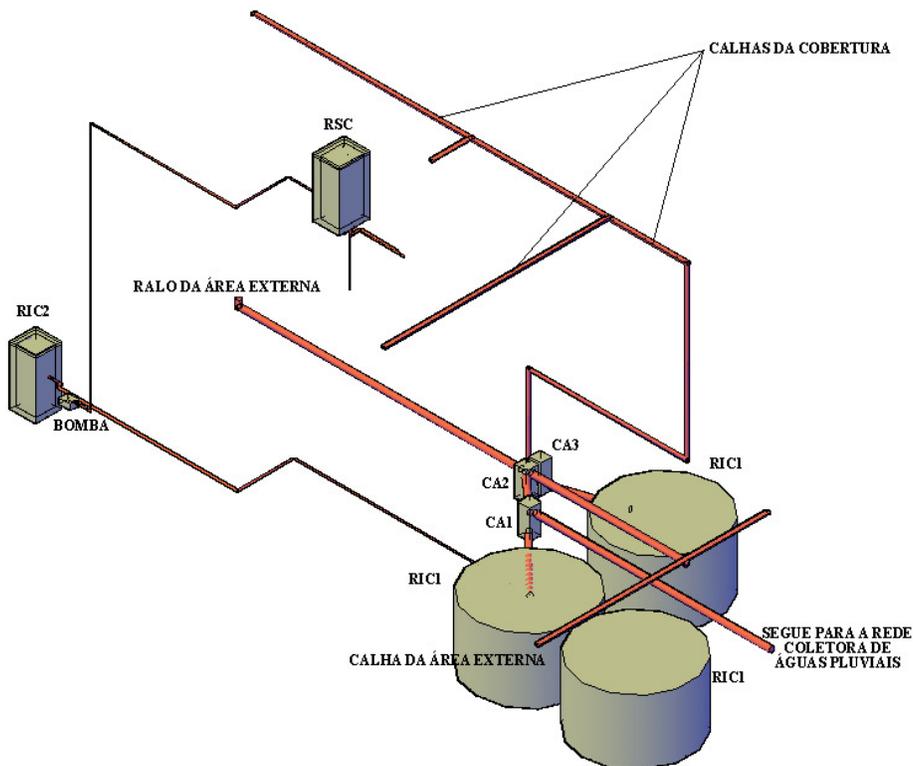


Figura 5.5: Arranjo do sistema de aproveitamento de água pluvial

Foi criada uma planilha em Excel, alimentada com os dados dos 32 postos pluviométricos da Geo-Rio, onde, adotando-se o Método do Inverso do Quadrado da Distância (U.S. Weather Service) e utilizando-se os três postos pluviométricos mais perto, obtem-se a estimativa dos dados pluviométricos do local desejado. No estudo de caso, os três postos pluviométricos utilizados foram: Jardim Botânico, Copacabana e Laranjeiras, onde se obteve as seguintes estimativas de chuva:

Tabela 5.2: Dados pluviométricos estimados para o bairro da Lagoa – Rio de Janeiro/RJ

Meses	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
jan	184,9	283,9	160,6	134,9	43,5	54,7	380,5
fev	24,5	271,3	51,6	113,5	46,9	153,0	2,6
mar	71,8	131,5	154,8	53,1	89,2	44,6	204,1
abr	45,3	65,5	38,8	24,4	51,3	10,4	113,7
mai	58,2	167,6	38,9	32,9	120,3	141,6	75,8
jun	36,1	100,8	107,9	23,8	80,2	94,1	28,5
jul	25,9	53,2	77,7	49,0	135,1	32,8	54,7
ago	80,9	36,3	48,4	67,6	8,5	21,6	221,8
set	85,6	176,9	63,7	161,9	56,2	165,6	104,4
out	85,4	217,4	87,9	53,6	69,8	47,2	199,2
nov	80,4	106,8	94,9	86,8	79,0	216,6	209,8
dez	85,9	229,5	94,0	198,8	261,1	164,9	93,6
TOTAL	184,9	283,9	160,6	134,9	43,5	54,7	380,5

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
jan	130,7	192,5	172,1	94,4	175,7	158,6	172,7
fev	157,6	81,3	136,9	100,5	82,5	83,8	80,5
mar	78,6	172,3	171,4	11,2	205,2	86,5	399,4
abr	172,4	236,6	92,5	72,8	178,6	180,8	452,3
mai	105,3	105,7	181,4	168,2	71,7	67,8	66,8
jun	32,3	40,9	103,8	52,5	74,0	87,4	67,4
jul	237,6	153,6	60,0	127,4	21,2	130,4	150,3
ago	39,3	41,7	72,4	31,7	71,3	42,5	N.D.
set	32,5	277,4	169,0	14,9	125,5	140,3	N.D.
out	62,1	181,7	123,6	165,4	75,5	184,3	N.D.
nov	201,7	168,7	139,9	209,3	175,5	96,9	N.D.
dez	123,0	200,2	72,6	231,2	112,4	382,8	N.D.
TOTAL	1373,3	1852,9	1495,6	1279,5	1369,0	1641,9	N.D.

Obs.: Em alguns postos pluviométricos, não constavam alguns dados, que foram estimados pelo Método do Inverso do Quadrado da Distância entre os três postos pluviométricos mais perto.

No posto pluviométrico de Santa Tereza, o dado referente ao mês de agosto de 1999 foi estimado utilizando o segundo e o terceiro postos pluviométricos mais próximos.

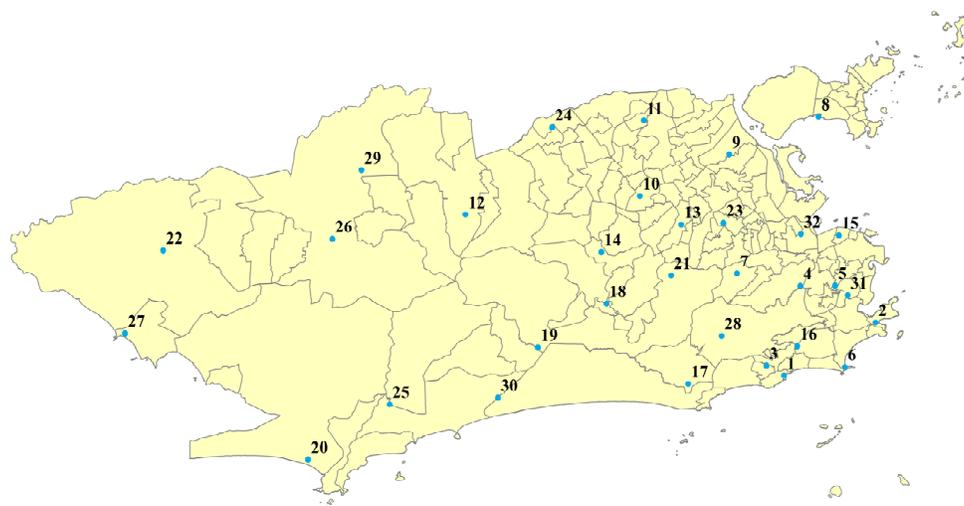


Figura 5.6: Localização dos postos pluviométricos da Geo-Rio

5.2.1 Dimensionamento do Reservatório Inferior Complementar 1

Área de contribuição:

$$20,0 \text{ m} \times 10,0 \text{ m} = 200 \text{ m}^2$$

Consumo (para o sistema mais desfavorável – Modificado II):

Vaso Sanitário – 288 L/d

Irrigação – 229,65 L/d

$$228 + 229,65 = 517,65 \text{ L/d} = 15,53 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Utilizando o método da simulação, ou interativo, foi desejado que se obtivesse 100% de aproveitamento da água pluvial, e adotando uma altura útil de 2,00 m para o reservatório, obtem-se uma área superficial para o reservatório de 22,50 m², sendo três reservatórios circulares de 15,00 m³ cada, interligados entre si.

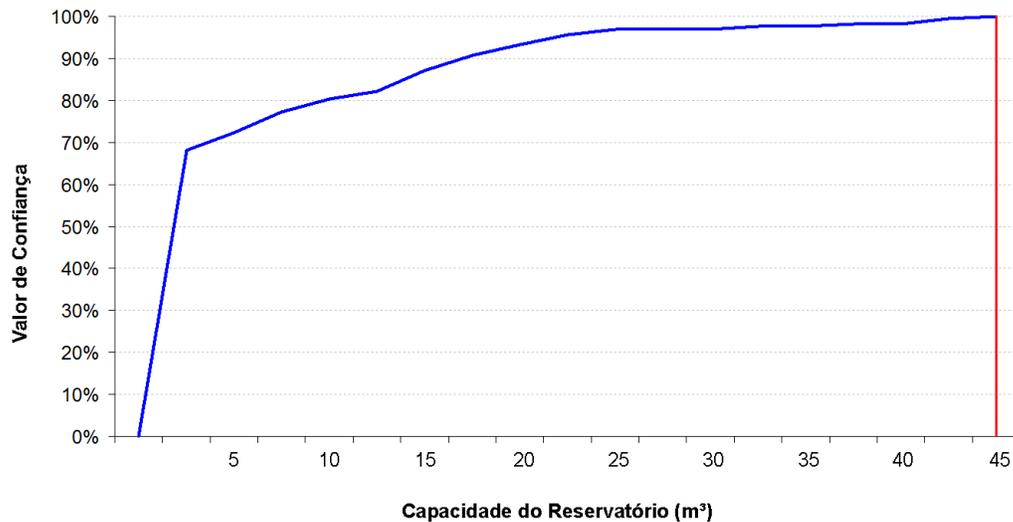


Figura 5.7: Gráfico do volume do reservatório de água pluvial pelo valor de confiança

Na mesma planilha para a estimativa dos dados pluviométricos, entrando com a área de captação, o consumo mensal de água pluvial e o volume do reservatório, se obtendo o balanço de massa do reservatório, demonstrado na tabela 5.3, assim como o valor de confiança do mesmo.

Tabela 5.3: Balanço de massa do reservatório de água pluvial

(m ³ /mês)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
jan	45,00	45,00	45,00	45,00	33,23	40,41	45,00
fev	34,38	45,00	39,80	45,00	27,07	45,00	29,99
mar	33,21	45,00	45,00	40,08	29,38	38,39	45,00
abr	26,75	42,57	37,22	29,42	24,12	24,94	45,00
mai	22,85	45,00	29,48	20,48	32,64	37,74	44,63
jun	14,55	45,00	35,52	9,70	33,14	41,03	34,81
jul	4,19	40,10	35,53	3,97	44,64	32,07	30,21
ago	4,85	31,83	27,70	1,97	30,81	20,85	45,00
set	6,44	45,00	24,91	18,82	26,52	38,43	45,00
out	8,00	45,00	26,96	14,01	24,95	32,34	45,00
nov	8,56	45,00	30,40	15,83	25,22	45,00	45,00
dez	10,21	45,00	33,67	40,06	45,00	45,00	45,00

(m ³ /mês)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
jan	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
fev	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
mar	45,00	45,00	45,00	31,70	45,00	45,00	45,00
abr	45,00	45,00	45,00	30,74	45,00	45,00	45,00
mai	45,00	45,00	45,00	45,00	43,81	43,03	42,83
jun	35,94	37,66	45,00	39,98	43,08	44,98	40,78
jul	45,00	45,00	41,47	45,00	31,79	45,00	45,00
ago	37,33	37,82	40,42	35,82	30,52	37,97	N.D.
set	28,30	45,00	45,00	23,26	40,09	45,00	N.D.
out	25,20	45,00	45,00	40,81	39,65	45,00	N.D.
nov	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	N.D.
dez	45,00	45,00	43,99	45,00	45,00	45,00	N.D.

5.3 Projeto do Sistema Predial de Água Fria Modificado

5.3.1 Memorial de Cálculo

5.3.1.1 Dimensionamento do Sistema de Abastecimento

Vide subcapítulo 3.2.1.1

Ramal Predial: ½”

Vide subcapítulo 3.2.1.1

Alimentador Predial: ¾”

5.3.1.2 Dimensionamento do Sistema de Reservação

Vide subcapítulo 3.2.1.2.

RI = 3.825 L

Vide subcapítulo 3.2.1.2. Mesmo para reservatórios complementares.

Drec = ½”

Vide subcapítulo 3.2.1.2. Mesmo para reservatórios complementares.

Dsuc = ½”

Vide subcapítulo 3.2.1.2. Mesmo para reservatórios complementares.

Pot = 0,5 HP

Vide subcapítulo 3.2.1.2.

RS = 2.550 L

Elevatória de Água Cinza Bruta:

Tanque: $16 \times 7,5 = 120$

Chuveiro: $16 \times 45 = 720$

Lavatório: $16 \times 1,5 = 24$

Máquina de lavar roupa: $16 \times 29,16 = 466,56$

$$VEAC = \frac{120 + 720 + 24 + 466,56}{4}$$

VEAC = 332,64 L

$1,00 \times 0,60 \times 1,70$ (0,60 $h_{\text{útil}}$)

Para bombeamento a cada seis horas.

Reservatório Inferior Complementar 2:

Vaso Sanitário: $16 \times 18 = 288$

VRIC = $1,5 \times 288$

VRIC = 432,00 L

$0,60 \times 0,60 \times 1,70$ (1,40 $h_{\text{útil}}$)

Reservatório Superior Complementar:

Torneiras: 98,27 L

Vaso Sanitário: $16 \times 18 = 288$

Irrigação: 229,65 L

VRIC1 = $96 + 480 + 229,65$

VRIC1 = 615,92 L

$0,75 \times 0,60 \times 1,70$ (1,40 $h_{\text{útil}}$)

5.3.1.3 Dimensionamento do Sistema de Distribuição

Dimensionamento dos Subramais:

Vaso sanitário com caixa de descarga = 1/2"

Ducha higiênica = 1/2"

Chuveiro = 1/2"

Lavatório = 1/2"

Máquina de lavar roupa = 3/4"

Pia de cozinha = 1/2"

Tanque = 3/4"

Torneira = 3/4"

Dimensionamento dos Ramais:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum p}$$

Ramal	Peso Relativo (p)								Q (L/s)	D	v (m/s)
	Torneira	Lavatório	Ducha Higiênica	Chuveiro	Vaso Sanitário	Tanque	Pia de Cozinha	Máquina de Lavar Roupa			
AF1-1	0,4								0,19	3/4"	0,65
AF1-2	0,4								0,19	3/4"	0,65
AF2-1					0,3				0,16	1/2"	1,20
AF2-2					0,3				0,16	1/2"	1,20
AF3-1		0,3	0,1	0,4					0,27	1/2"	2,00
AF3-2		0,3	0,1	0,4					0,27	1/2"	2,00
AF3-3						0,7	0,7		0,35	3/4"	1,20
AF3-4								1,0	0,30	3/4"	1,00
AF4-1						0,7	0,7		0,35	3/4"	1,20
AF4-2								1,0	0,30	3/4"	1,00

Dimensionamento das Colunas:

AF1				
2-co	0,0	0,8	0,27	¾"
1-2	0,0	0,8	0,27	¾"
T-1	0,8	0,8	0,27	¾"
2-co	0,0	0,8	0,27	¾"

AF2				
COL	os	Pac	Q	D
2-co	0,6	1,8	0,40	¾"
1-2	0,6	1,2	0,33	¾"
T-1	0,6	0,6	0,23	¾"

AF3				
COL	os	Pac	Q	D
2-co	1,6	7,2	0,80	1"
1-2	1,6	5,6	0,71	1"
T-1	4,0	4,0	0,60	1"

AF3				
COL	os	Pac	Q	D
2-co	2,4	4,8	0,66	1"
1-2	2,4	2,4	0,46	¾"
T-1	0,0	0,0	0,0	-

Dimensionamento do Barrilete do Reservatório Superior Convencional:

Coluna	Peso
AF1	0,8
AF2	1,8
AF3	7,2
AF4	4,8

$\Sigma AF = 14,6$
 $\Sigma AF / 2 = 7,3$
 $Q = 0,3 \times \sqrt{7,3} = 0,81 l / s$
 $J = 0,08(\text{arbitrado})$

D = 1 ¼"

Dimensionamento do Barrilete do Reservatório Superior Complementar:

Coluna	Peso	$\Sigma AF = 2,6$
AF1	0,8	$\Sigma AF / 2 = 1,3$
AF2	1,8	$Q = 0,3 \times \sqrt{1,3} = 0,3 \text{ l/s}$
		$J = 0,08(\text{arbitrado})$

D = 3/4"

5.3.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 12 a 15.

5.4 Projeto do Sistema Predial de Esgotamento Sanitário Modificado

5.4.1 Memorial de Cálculo

Dimensionamento dos Ramais de Descarga:

	Nº de UHC	Diâmetro (mm)
Lavatório de residência	1	40
Bacia sanitária	6	100
Chuveiro de residência	2	40
Pia de cozinha residencial	3	50
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar roupas	3	50

Dimensionamento dos Ramais de Esgoto:

RALO SINFONADO DOS BANHEIROS	Nº de UHC
Lavatório de residência	1
Chuveiro de residência	2
Total:	3

Nº de UHC = 3 → 40 mm

Obs.: Adotado o diâmetro comercial de 50 mm.

RALO SINFONADO DAS ÁREAS DE SERVIÇO	Nº de UHC
Tanque de lavar roupas	3
Máquina de lavar roupas	3
Total:	6

Nº de UHC = 6 → 50 mm

Dimensionamento dos Tubos de Queda:

TQ1 E TQ3 (SEM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Bacia sanitária	6

Nº de UHC = 6; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $6 \times 2 = 12 \rightarrow 75 \text{ mm}$

Obs.: O diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga das bacias sanitárias é de 100 mm segundo a ABNT, assim sendo, o diâmetro nominal do tubo de queda é de *100 mm*.

TQ2 E TQ4 (SEM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Lavatório de residência	1
Chuveiro de residência	2
Total:	3

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 50 \text{ mm}$

Dimensionamento dos Tubos Secundários:

TS1 (SEM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Tanque de lavar roupas	3
Máquina de lavar roupas	3
Total:	6

Nº de UHC = 6; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $6 \times 2 = 12 \rightarrow 75 \text{ mm}$

Dimensionamento dos Tubos de Gordura:

TG1 (COM DESVIO NA VERTICAL)	Nº de UHC
Pia de cozinha residencial	3

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 50 \text{ mm}$

Parte horizontal do desvio (declividade de 2%):

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 100 \text{ mm}$

Parte vertical após o desvio:

Nº de UHC = 3; Nº de pavimentos = 2; Nº total de UHC = $3 \times 2 = 6 \rightarrow 50 \text{ mm}$

Obs.: O diâmetro nominal mínimo do tubo de queda de gordura na parte vertical após o desvio não pode ser menor que o adotado na parte horizontal do desvio, logo: *100mm*.

Dimensionamento dos Coletores e Subcoletores:

CI 1

Contribuições: TQ2, TQ4, dois lavatórios e dois chuveiros

Apenas a UHC do aparelho de maior descarga de cada banheiro

Nº total de UHC = $4 + 4 + 2 + 2 = 12$; Declividade: 1%; DN: 100 mm.

CI 2

Contribuições: TQ1, TQ3 e dois vasos sanitários

Nº total de UHC = 12 + 12 + 6 + 6 = 36; Declividade: 1%; DN: 100 mm

Distância entre CI 2 e CI 3: 14,20 m; Desnível = 1% x 14,20 = 0,14 m

Dimensionamento da Caixa Sifonada:

CS 1

Contribuições: TS1, um tanque e uma máquina de lavar roupa.

Nº total de UHC = 18

Caixa Sifonada Especial

Declividade: 2%; DN: 75 mm

Distância entre CS 1 e CI 1: 9,03 m; Desnível = 2% x 9,03 = 0,18 m

Dimensionamento da Caixa de Gordura:

CG 1

Contribuições: Três cozinhas

Caixa de Gordura Dupla

Declividade: 1%; DN: 100 mm

Distância entre CG 1 e CP 10: 9,48 m; Desnível = 1% x 9,48 = 0,09 m

Dimensionamento das Caixas de Passagem:

CP 1

Contribuições: Um lavatório e um chuveiro.

Nº total de UHC = 1 + 2 = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 1 e CP 2: 0,87 m; Desnível = 2% x 0,87 = 0,02 m

CP 2

Contribuições: TQ2 e CP 1

Nº total de UHC = 9 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 2 e CI 1: 4,18 m; Desnível = 2% x 4,18 = 0,08 m

CP 3

Contribuições: TQ1

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 3 e CI 2: 6,00 m; Desnível = 2% x 6,00 = 0,12 m

CP 4

Contribuições: TS1

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 4 e CP 5: 5,30 m; Desnível = 2% x 5,30 = 0,11 m

CP 5

Contribuições: CP 4

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 5 e CP 7: 3,20 m; Desnível = 2% x 3,20 = 0,06 m

CP 6

Contribuições: TG 1

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 6 e CG 1: 4,75 m; Desnível = 2% x 4,75 = 0,95 m

CP 7

Contribuições: CP 5

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 7 e CS 1: 0,45 m; Desnível = 2% x 0,45 = 0,01 m

CP 8

Contribuições: CG 1

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 8 e CG 1: 0,13 m; Desnível = 2% x 0,13 = 0,00 m

CP 9

Contribuições: Um lavatório e um chuveiro.

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância entre CP 9 e CI 1: 9,93 m; Desnível = 2% x 9,93 = 0,20 m

CP 10

Contribuições: CG 1

Nº total de UHC = 9 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância entre CP 10 e CI 1 e CI 2: 0,43 m; Desnível = 2% x 0,43 = 0,00 m

Dimensionamento dos Ramais de Esgoto do Pavimento Térreo:

Vaso sanitário do banheiro 1 – CI 2

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 5,71 m; Desnível = 1% x 5,71 = 0,06 m

TQ 3 – CI 2

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 7,50 m; Desnível = 1% x 7,50 = 0,08 m

Vaso sanitário do banheiro 2 – CI 2

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 8,04 m; Desnível = 1% x 8,04 = 0,08 m

TQ 4 – CI 1

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 8,45 m; Desnível = 2% x 8,45 = 0,17 m

Ralo sifonado do banheiro 1 – CP 1

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 9,36 m; Desnível = 2% x 9,36 = 0,19 m

TQ 2 – CP 2

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 9,77 m; Desnível = 2% x 9,77 = 0,20 m

TQ 1 – CP 3

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 1%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 100 mm.

Distância: 9,27 m; Desnível = 1% x 9,27 = 0,09 m

TS 1 – CP 4

Nº total de UHC = 12 → 75 mm; Declividade: 2%

Distância: 2,04 m; Desnível = 2% x 2,04 = 0,04 m

TG 1 – CP 6

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 7,05 m; Desnível = 2% x 7,05 = 0,14 m

Ralo sifonado da área de serviço – CP 7

Nº total de UHC = 6 → 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 0,97 m; Desnível = 2% x 0,97 = 0,02 m

Pia de cozinha – CP 8

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 2,30 m; Desnível = 2% x 2,30 = 0,04 m

Ralo sifonado do banheiro 2 – CP 9

Nº total de UHC = 3 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 1,29 m; Desnível = 2% x 1,29 = 0,03 m

CV 1 – CI 2

DN = 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 6,79 m; Desnível = 2% x 6,79 = 0,14 m

Ralo sifonado da garagem – CS 1

Nº total de UHC = 2 → 40 mm; Declividade: 2%

Obs.: Adotado o diâmetro mínimo de 50 mm.

Distância: 0,25 m; Desnível = 2% x 0,25 = 0,00 m

CV 2 – CI 2

DN = 50 mm; Declividade: 2%

Distância: 7,87 m; Desnível = 2% x 7,87 = 0,18 m

Dimensionamento dos Ramais de Ventilação:

Banheiros do 1º e 2º pavimentos.

Sem vaso sanitário; Nº total de UHC = 3 → 40 mm

Banheiro 1 do pavimento térreo.

Com vaso sanitário; Nº total de UHC = 6 → 50 mm

Banheiro 2 do pavimento térreo.

Com vaso sanitário; Nº total de UHC = 9 → 50 mm

Dimensionamento das Colunas de Ventilação:

CV 1 e CV 2

Nº total de UHC = 12; Diâmetro do ramal de esgoto: 100 mm

Comprimento: 10,45 m; Diâmetro adotado: 50 mm

TQ 1 e TQ 3

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 100 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 50 mm

TQ 2 e TQ 4

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 50 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

TS 1

Nº total de UHC = 12; Diâmetro do tubo de queda: 75 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

TG 1

Nº total de UHC = 6; Diâmetro do tubo de queda: 50 mm

Comprimento: 5,30 m; Diâmetro adotado: 40 mm

5.4.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 16 a 18.

5.5 Projeto do Sistema Predial de Águas Pluviais Modificado

5.5.1 Memorial de Cálculo

Dimensionamento das Vazões:

Área da Cobertura para T = 5 anos:

$$Q = 167 \times 140 / 60 \therefore Q = 389,67 \text{ L/min}$$

Área do pavimento térreo para T = 25 anos:

$$Q = 227 \times 60 / 60 \therefore Q = 227,00 \text{ L/min}$$

Dimensionamento das Calhas:

125 mm – 0,5%

Dimensionamento do Condutor Vertical:

70 mm ; Adotado 75 mm

Dimensionamento do Condutor Horizontal:

150 mm – 0,5%

5.5.2 Desenhos

As plantas estão nos anexos 16 a 18.

5.6 Estimativa do Consumo de Água

Tabela 5.4: Consumo de água no sistema modificado I

Aparelho Sanitário	Consumo (L/hab.d)
Chuveiro	45,00
Lavatório	1,50
Ducha Higiênica	-
Tanque	7,50
Máquina de Lavar Roupas	29,16
Pia de Cozinha	11,25
Vaso Sanitário	-
TOTAL POR PESSOA	94,41
Aparelho Sanitário	Consumo (L/d)
SUBTOTAL 1	1.510,56
Torneira (Limpeza)	-
Torneira (Irrigação)	-
SUBTOTAL 2	-
TOTAL	1.510,56

Consumo mensal: 45,32 m³/mês, economia de 28,80% se comparado a uma edificação convencional com mecanismos economizadores de água.

5.7 Estimativa de Custo

Custo operacional do sistema de reuso de águas cinzas:

– Mão de obra:

R\$ 510,00

– Gestão do lodo:

R\$ 270,00 – 6 m³

5% 2 m³ – R\$ 4,50 (baseado em GONÇALVES, 2006)

– Manutenção de equipamentos:

R\$ 150,00 (baseado em GONÇALVES, 2006)

– Suprimentos de pastilhas de cloro:

R\$ 4,20 – unid.

5% 4 unid. – R\$ 0,84 (baseado em GONÇALVES, 2006)

– Custo de energia:

Bomba de recirculação de lodo + Lavagem (2 x 0,5 CV) x 5% 0,2h/d – 0,445 kWh/mês

Compressor de ar (0,5 CV) x 10% 18h/d – 16,98 kWh/mês

17,425 kWh/mês x 0,40924 – R\$ 7,13

Custo Operacional: R\$ 499,97

Custo inicial do sistema modificado:

Tabela 5.5: Estimativa do custo de implantação do sistema modificado (Fonte: SINAPI; 1 – CEC; 2 – SCHISTEK, 2005)

ITEM	QNT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Bomba d'água ½ cv (ref.: 00000731)	4	R\$ 316,45	R\$ 1.265,80
Caixa de Areia	1	RS 180,40 ¹	R\$ 180,40
Elevatória de Água Cinza Bruta			
Escavação (ref.: 0019.73965/011)	0,33 m ³	R\$ 36,24	R\$ 11,96
Caixa de Inspeção (ref.: 00003279)	3	R\$ 76,52	R\$ 229,56
Reservatório Superior Complementar			
Caixa d'água 750 L (ref.: 00011867)	1	R\$ 192,82	R\$ 192,82
Reservatório Inferior Complementar 2			
Escavação (ref.: 0019.73965/011)	0,62 m ³	R\$ 36,24	R\$ 22,47
Forma (ref.:0041.74075/001)	8,16 m ²	R\$ 86,70	R\$ 707,48
Armação (ref.: 0042.74254/002)	33,60 kg	R\$ 6,83	R\$ 229,49
Concreto (ref.: 0043.74137/004)	0,48 m ³	R\$ 350,63	R\$ 168,30
Tubulação			
Escavação (ref.: 0019.73965/011)	2,78 m ³	R\$ 36,24	R\$ 100,75
Tubo PVC ½" (ref.: 00009856)	66,00 m	R\$ 3,07	R\$ 202,62
Tubo PVC ¾" (ref.: 00009859)	18,00 m	R\$ 4,15	R\$ 74,70
Tubo PVC 50 mm (ref.: 00009838)	42,00 m	R\$ 5,01	R\$ 210,42
Tubo PVC 150 mm (ref.:00009881)	6,00 m	R\$ 19,94	R\$ 119,64
Acessórios das Tubulação			
Considerando 10% da Tubulação	-	-	R\$ 70,81
Estação de Tratamento de Água Cinza			
Caixa d'água 750 L (ref.: 00011867)	5	R\$ 192,82	R\$ 964,10
Caixa d'água 1000 L (ref.: 00011868)	1	R\$ 242,45	R\$ 242,45
Reservatório Inferior Complementar 1			
Seixo Rolado (ref.: 00004734)	3,60 m ³	R\$ 111,61	R\$ 401,79
Areia Grossa (ref.: 00000367)	6,60 m ³	R\$ 59,70	R\$ 394,02
Areia Média (ref.: 00000370)	1,05 m ³	R\$ 58,34	R\$ 61,26
Cimento (ref.: 00010511)	55,50 sacos	R\$ 20,94	R\$ 1.162,17
Tela de Alambrado (ref.: 00007162)	120,00 m ²	R\$ 28,26	R\$ 847,80
Fitolho	3,00 kg	R\$ 5,35 ²	R\$ 16,05
Saco de Cebola	75	R\$ 0,64 ²	R\$ 48,00
Terra Compactada (ref.:0021. 74015/001)	6,00 m ³	R\$ 17,85	R\$ 107,10
Tampa de Inspeção (ref.: 00021088)	3	R\$ 235,53	R\$ 706,59
Escavação (ref.:0019. 73962/014)	66,00 m ³	R\$ 4,36	R\$ 287,76
TOTAL		R\$ 9.026,31	

Investimento Inicial: R\$ 9.026,31

Custo Mensal: R\$ 499,97

5.8 Viabilidade Econômica

Tarifa CEDAE com vigência em 01/08/2010:

Tarifa mínima: $1,703051 \times 15 \text{ m}^3/\text{mês}$

Tarifa 3A: 0 a 15 m^3 - 1,951015

16 a 30 m^3 - 4,292233

31 a 45 m^3 - 5,853045

46 a 60 m^3 - 11,706090

Acima de 60 m^3 - 15,608120

Sistema Convencional:

$63,65 \text{ m}^3/\text{mês}$ – R\$ 2.012,46

Sistema Modificado:

$45,32 \text{ m}^3/\text{mês}$ (economia de 28,80%) – R\$ 556,07 (economia de 72,37%)

Economia na conta de água de R\$ 1.456,39

Custo Mensal: R\$ 499,97

Economia Mensal: R\$ 956,42

Tabela 5.6: Amortização do investimento inicial do sistema modificado I

Mês	Saldo Inicial	Juros	Saldo Final (1)
0	-R\$ 9.026,31	R\$ 0,00	-R\$ 9.026,31
1	-R\$ 9.026,31	-R\$ 45,13	-R\$ 9.071,44
2	-R\$ 8.115,02	-R\$ 40,58	-R\$ 8.155,60
3	-R\$ 7.199,18	-R\$ 36,00	-R\$ 7.235,17
4	-R\$ 6.278,75	-R\$ 31,39	-R\$ 6.310,15
5	-R\$ 5.353,73	-R\$ 26,77	-R\$ 5.380,49
6	-R\$ 4.424,07	-R\$ 22,12	-R\$ 4.446,20
7	-R\$ 3.489,78	-R\$ 17,45	-R\$ 3.507,22
8	-R\$ 2.550,80	-R\$ 12,75	-R\$ 2.563,56
9	-R\$ 1.607,14	-R\$ 8,04	-R\$ 1.615,17
10	-R\$ 658,75	-R\$ 3,29	-R\$ 662,05
11	R\$ 294,37	R\$ 1,47	R\$ 295,84
12	R\$ 1.252,26	R\$ 6,26	R\$ 1.258,53

Mês	Pag. de Juros	Pag. Amortizado	Pag. Total	Saldo Final (2)
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 9.026,31
1	R\$ 45,13	R\$ 911,29	R\$ 956,42	-R\$ 8.115,02
2	R\$ 40,58	R\$ 915,84	R\$ 956,42	-R\$ 7.199,18
3	R\$ 36,00	R\$ 920,42	R\$ 956,42	-R\$ 6.278,75
4	R\$ 31,39	R\$ 925,03	R\$ 956,42	-R\$ 5.353,73
5	R\$ 26,77	R\$ 929,65	R\$ 956,42	-R\$ 4.424,07
6	R\$ 22,12	R\$ 934,30	R\$ 956,42	-R\$ 3.489,78
7	R\$ 17,45	R\$ 938,97	R\$ 956,42	-R\$ 2.550,80
8	R\$ 12,75	R\$ 943,67	R\$ 956,42	-R\$ 1.607,14
9	R\$ 8,04	R\$ 948,38	R\$ 956,42	-R\$ 658,75
10	R\$ 3,29	R\$ 953,13	R\$ 956,42	R\$ 294,37
11	-R\$ 1,47	R\$ 957,89	R\$ 956,42	R\$ 1.252,26
12	-R\$ 6,26	R\$ 962,68	R\$ 956,42	R\$ 2.214,95

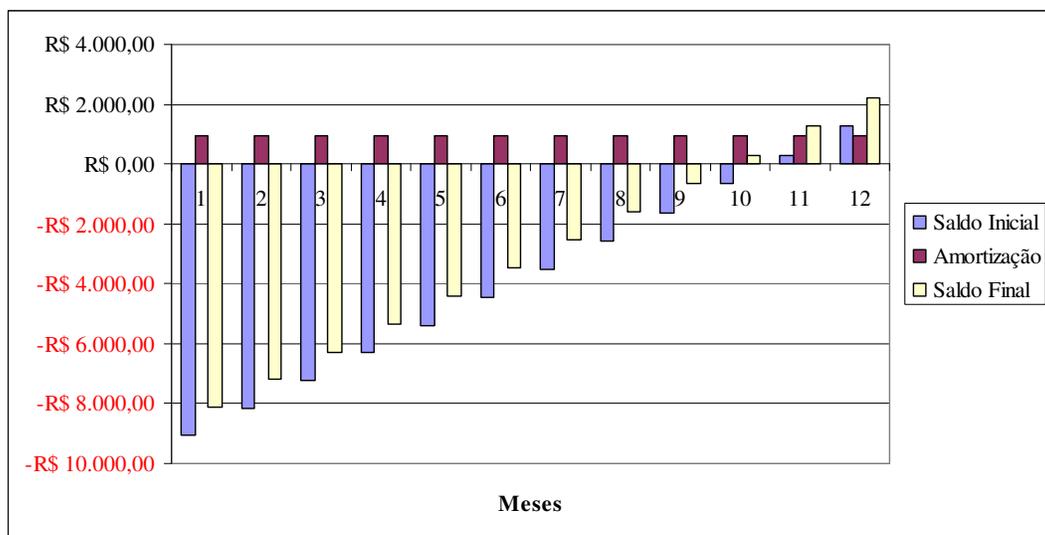


Figura 5.8: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado I

Pay-back em 10 meses.

6. Sistema Modificado II

No sistema modificado II, a água cinza tratada é direcionada para o reservatório inferior convencional enquanto que a água pluvial coletada segue para os reservatórios complementares 1 e 2. Uma bomba recalca a água desses reservatórios para o reservatório superior convencional que abastece todas as colunas, conforme ilustrado na figura 6.1.

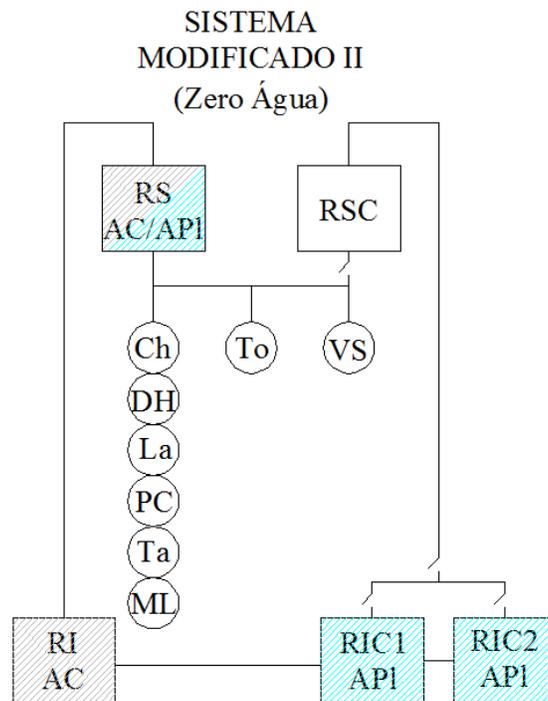


Figura 6.1: Arranjo do sistema modificado II

6.1 Estimativa do Consumo de Água

Consumo mensal: 0 m³/mês.

6.2 Estimativa do Custo

Investimento Inicial: R\$ 9.026,31

Custo Mensal: R\$ 499,97

6.3 Viabilidade Econômica

Tarifa CEDAE com vigência em 01/08/2010:

Tarifa mínima: 1,703051 x 15 m³/mês

Tarifa 3A: 0 a 15 m³ - 1,951015

16 a 30 m³ - 4,292233

31 a 45 m³ - 5,853045

46 a 60 m³ - 11,706090

Acima de 60 m³ - 15,608120

Sistema Convencional:

63,65 m³/mês – R\$ 2.012,46

Sistema Modificado:

0 m³/mês – R\$ 25,55 (economia de 98,73%)

Economia na conta de água de R\$ 1.986,91

Custo Mensal: R\$ 499,97

Economia Mensal: R\$ 1.486,94

Tabela 6.1: Amortização do investimento inicial do sistema modificado II

Mês	Saldo Inicial	Juros	Saldo Final (1)
0	-R\$ 9.026,31	R\$ 0,00	-R\$ 9.026,31
1	-R\$ 9.026,31	-R\$ 45,13	-R\$ 9.071,44
2	-R\$ 7.584,50	-R\$ 37,92	-R\$ 7.622,42
3	-R\$ 6.135,48	-R\$ 30,68	-R\$ 6.166,16
4	-R\$ 4.679,22	-R\$ 23,40	-R\$ 4.702,62
5	-R\$ 3.215,68	-R\$ 16,08	-R\$ 3.231,76
6	-R\$ 1.744,82	-R\$ 8,72	-R\$ 1.753,54
7	-R\$ 266,60	-R\$ 1,33	-R\$ 267,93
8	R\$ 1.219,01	R\$ 6,10	R\$ 1.225,10
9	R\$ 2.712,04	R\$ 13,56	R\$ 2.725,60
10	R\$ 4.212,54	R\$ 21,06	R\$ 4.233,60
11	R\$ 5.720,54	R\$ 28,60	R\$ 5.749,15
12	R\$ 7.236,09	R\$ 36,18	R\$ 7.272,27

Mês	Pag. de Juros	Pag. Amortizado	Pag. Total	Saldo Final (2)
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 9.026,31
1	R\$ 45,13	R\$ 1.441,81	R\$ 1.486,94	-R\$ 7.584,50
2	R\$ 37,92	R\$ 1.449,02	R\$ 1.486,94	-R\$ 6.135,48
3	R\$ 30,68	R\$ 1.456,26	R\$ 1.486,94	-R\$ 4.679,22
4	R\$ 23,40	R\$ 1.463,54	R\$ 1.486,94	-R\$ 3.215,68
5	R\$ 16,08	R\$ 1.470,86	R\$ 1.486,94	-R\$ 1.744,82
6	R\$ 8,72	R\$ 1.478,22	R\$ 1.486,94	-R\$ 266,60
7	R\$ 1,33	R\$ 1.485,61	R\$ 1.486,94	R\$ 1.219,01
8	-R\$ 6,10	R\$ 1.493,04	R\$ 1.486,94	R\$ 2.712,04
9	-R\$ 13,56	R\$ 1.500,50	R\$ 1.486,94	R\$ 4.212,54
10	-R\$ 21,06	R\$ 1.508,00	R\$ 1.486,94	R\$ 5.720,54
11	-R\$ 28,60	R\$ 1.515,54	R\$ 1.486,94	R\$ 7.236,09
12	-R\$ 36,18	R\$ 1.523,12	R\$ 1.486,94	R\$ 8.759,21

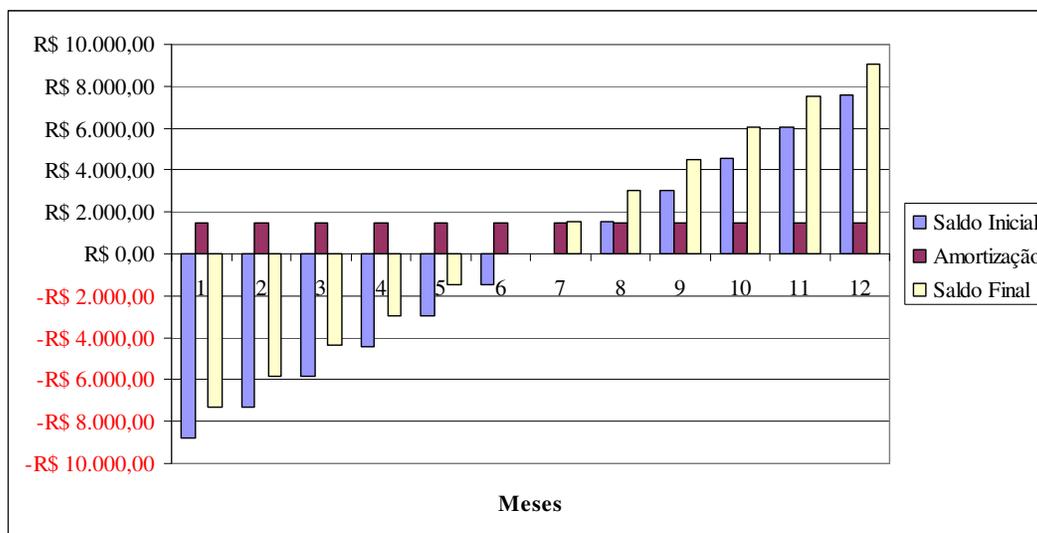


Figura 6.2: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado II

Pay-back em 6 meses.

7. Sistema Modificado III

No sistema modificado III, a água cinza tratada é direcionada para o reservatório inferior convencional enquanto que a água pluvial coletada segue para o reservatório inferior complementar 1. A água negra é tratada e direcionada ao reservatório complementar 2. Uma bomba recalca a água do reservatório inferior convencional e o reservatório inferior complementar 1 para o reservatório superior convencional que abastece todas as colunas, exceto a coluna que abastece os vasos sanitários, que são alimentados pelo reservatório superior complementar que tem a água negra tratada recalcada, conforme ilustrado na figura 7.1.

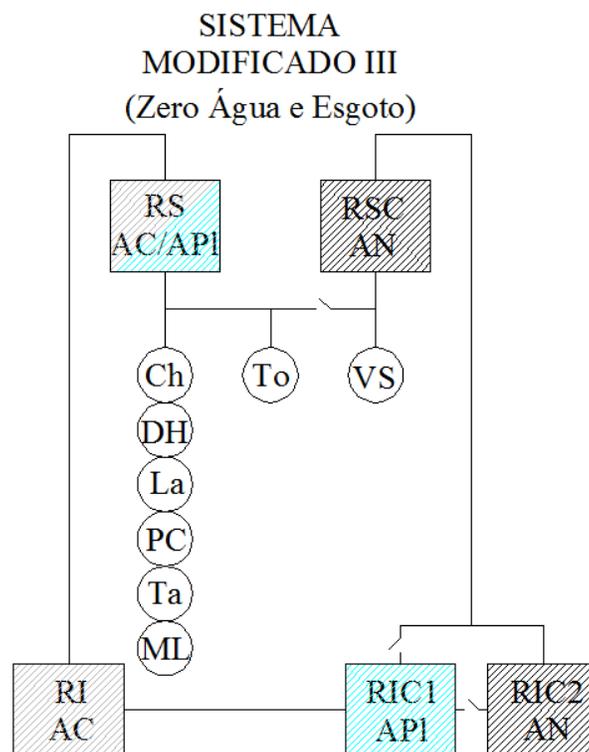


Figura 7.1: Arranjo do sistema modificado III

7.1 Estimativa do Consumo de Água

Consumo mensal: 0 m³/mês.

7.2 Estimativa do Custo

Custo inicial do sistema modificado:

Tabela 7.1: Estimativa do custo de implantação do sistema modificado (Fonte: SINAPI; 1 – CEC; 2 – SCHISTEK, 2005)

ITEM	QNT.	PREÇO UNITÁRIO-R\$	PREÇO TOTAL - R\$
Sistema Modificado I e II	-	-	9.026,31
Elevatória de Água Negra Bruta			
Escavação (ref.: 0019.73965/011)	0,33 m ³	36,24	11,96
Caixa de Inspeção (ref.: 00003279)	3	76,52	229,56
Estação de Tratamento de Água Negra			
Caixa d'água 750 L (ref.: 00011867)	6	192,82	1.156,92
TOTAL		10.424,75	

Investimento Inicial: R\$ 10.424,75

Custo Mensal: R\$ 499,97

7.3 Viabilidade Econômica

Tarifa CEDAE com vigência em 01/08/2010:

Tarifa mínima: $1,703051 \times 15 \text{ m}^3/\text{mês}$

Tarifa 3A: 0 a 15 m^3 - 1,951015

16 a 30 m^3 - 4,292233

31 a 45 m^3 - 5,853045

46 a 60 m^3 - 11,706090

Acima de 60 m^3 - 15,608120

Sistema Convencional:

$63,65 \text{ m}^3/\text{mês}$ – R\$ 2.012,46

Sistema Modificado:

$0 \text{ m}^3/\text{mês}$ – R\$ 25,55 (economia de 98,73%)

Economia na conta de água de R\$ 1.986,91

Custo Mensal: R\$ 499,97

Economia Mensal: R\$ 1.486,94

Tabela 7.2: Amortização do investimento inicial do sistema de modificado III

Mês	Saldo Inicial	Juros	Saldo Final (1)
0	-R\$ 10.424,75	R\$ 0,00	-R\$ 10.424,75
1	-R\$ 10.424,75	-R\$ 52,12	-R\$ 10.476,87
2	-R\$ 8.989,93	-R\$ 44,95	-R\$ 9.034,88
3	-R\$ 7.547,94	-R\$ 37,74	-R\$ 7.585,68
4	-R\$ 6.098,74	-R\$ 30,49	-R\$ 6.129,24
5	-R\$ 4.642,30	-R\$ 23,21	-R\$ 4.665,51
6	-R\$ 3.178,57	-R\$ 15,89	-R\$ 3.194,46
7	-R\$ 1.707,52	-R\$ 8,54	-R\$ 1.716,06
8	-R\$ 229,12	-R\$ 1,15	-R\$ 230,26
9	R\$ 1.256,68	R\$ 6,28	R\$ 1.262,96
10	R\$ 2.749,90	R\$ 13,75	R\$ 2.763,65
11	R\$ 4.250,59	R\$ 21,25	R\$ 4.271,84
12	R\$ 5.758,78	R\$ 28,79	R\$ 5.787,58

Mês	Pag. de Juros	Pag. Amortizado	Pag. Total	Saldo Final (2)
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 10.424,75
1	R\$ 52,12	R\$ 1.434,82	R\$ 1.486,94	-R\$ 8.989,93
2	R\$ 44,95	R\$ 1.441,99	R\$ 1.486,94	-R\$ 7.547,94
3	R\$ 37,74	R\$ 1.449,20	R\$ 1.486,94	-R\$ 6.098,74
4	R\$ 30,49	R\$ 1.456,45	R\$ 1.486,94	-R\$ 4.642,30
5	R\$ 23,21	R\$ 1.463,73	R\$ 1.486,94	-R\$ 3.178,57
6	R\$ 15,89	R\$ 1.471,05	R\$ 1.486,94	-R\$ 1.707,52
7	R\$ 8,54	R\$ 1.478,40	R\$ 1.486,94	-R\$ 229,12
8	R\$ 1,15	R\$ 1.485,79	R\$ 1.486,94	R\$ 1.256,68
9	-R\$ 6,28	R\$ 1.493,22	R\$ 1.486,94	R\$ 2.749,90
10	-R\$ 13,75	R\$ 1.500,69	R\$ 1.486,94	R\$ 4.250,59
11	-R\$ 21,25	R\$ 1.508,19	R\$ 1.486,94	R\$ 5.758,78
12	-R\$ 28,79	R\$ 1.515,73	R\$ 1.486,94	R\$ 7.274,52

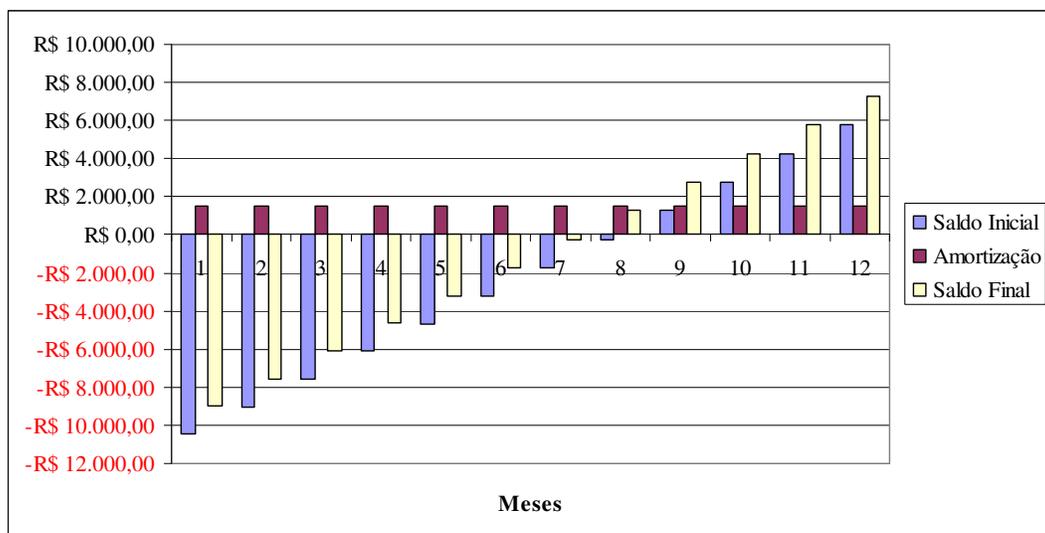


Figura 7.2: Gráfico da amortização do investimento inicial do sistema modificado III

Pay-back em 8 meses.

8. Conclusões e Recomendações

Como primeira medida a ser tomada em um projeto de edificação sustentável visando um menor consumo de água é a adoção de mecanismos economizadores de água. Conforme visto na tabela 4.3, esta medida pode significar economia de cerca de 50% do consumo de água da residência. Caso seja necessário diminuir o investimento inicial, pode-se não incluir a torneira automática, o que ainda garante economia de cerca de 49% e a redução no investimento inicial de 90%.

Para a possibilidade de adoção dos três diferentes tipos de sistemas hidrossanitários apresentados na figura 1.1 é preciso pequenas mudanças nos projetos de água fria e esgoto. Dentre estas medidas está a adoção de um reservatório inferior para armazenamento de água pluvial, um outro reservatório inferior complementar e um reservatório superior complementar.

Pode-se desejar um valor de confiança menor caso deseje-se diminuir o investimento inicial no reservatório de água pluvial, conforme ilustrado na figura 5.7. No estudo de caso, com um valor de confiança de 87,12%, obtem-se uma redução no investimento inicial de cerca de 30%.

As tubulações de abastecimento de água devem ser distintas, uma para o abastecimento dos vasos sanitários e torneiras de jardim e outra para os demais aparelhos sanitários. Deve ser previsto, também, no projeto de esgoto, as tubulações de queda independentes dos vasos sanitário nos banheiros.

Para a adoção do sistema modificado II (figura 6.1) é preciso que seja feita uma estação de água cinza que seja capaz de tratar a água nos padrões de classe 1 exigidos pela norma (NBR-13.969/97).

Através da tabela abaixo se compara os padrões exigidos e as características qualitativas da água de reuso encontrados em uma ETAC localizada na UFES, concluindo que é possível se chegar a esse nível de tratamento.

Tabela 8.1: Comparação entre os resultados obtidos na ETAC na UFES, e os padrões de classe 1 (Fonte: BAZZARELLA, 2005; NBR-13.969, 1997)

	ETAC	Padrões
Turbidez	1,0	5,0
Coliforme fecal	5,4 NMP/100 mL	200,0 NMP/100 mL
Sólidos Dissolvidos Totais	-	200,0 mg/L
Ph	6,8	6,0 - 8,0
Cloro Residual	-	0,5 - 1,5 mg/L

Para a adoção do sistema modificado III, (figura 7.1) é preciso também uma estação de tratamento de água negra que satisfaça os padrões da norma, classe 3, conforme demonstrado na tabela 8.2.

Tabela 8.2: Padrões de classe 3 (Fonte: NBR-13.969, 1997)

	Padrões
Turbidez	10,0
Coliforme fecal	500,0 NMP/100 mL

Durante o 3º *Workshop* de Uso e Reuso de Águas Residuárias, o professor Nagaharu Okuno, da Nanjing Forestry University, relatou sobre o caso das cidades de Tóquio e Fukuoka onde o esgoto doméstico é tratado para posterior abastecimento de vasos sanitários, mostrando que já é viável este processo.

Esses sistemas modificados requerem um investimento inicial que será amortizado ao longo de alguns meses com a economia na conta de água da edificação.

Apesar de mostrarem-se vantajosos para quem irá morar na edificação, os sistemas modificados representam gastos extras para as construtoras. Por isso, sugere-se que elas recebam algum incentivo para justificar esse custo.

Ressalta-se a importância de as construtoras executarem, pelo menos, as tubulação de água e de esgoto separadas, podendo, assim, ficar a cargo dos moradores a construção das estações de tratamento e dos reservatórios, sendo previstos em projeto.

Observa-se através das tabelas 5.5 e 7.1 que as tubulações representam cerca de 7% do custo inicial total.

Para se chegar a um consumo zero de água e de esgoto, além de serem tomadas medidas para o reuso racional da água, como por exemplo as apresentadas nesse trabalho, é ainda necessário o desenvolvimento de ETAC's mais eficientes e de ETAN's. Por isso, sugere-se, ainda, que estes temas sejam mais pesquisados a fim de buscar novas propostas de preservação da água do planeta.

9. Referências Bibliográficas

ANNECCHINI, K. P. V., 2005, *Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)*. Dissertação de M.Sc., UFES, Vitória, ES, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, *Instalações Prediais de Águas Pluviais*: NBR 10.844. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997, *Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação*: NBR 13.969. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, *Instalações Prediais de Água Fria*: NBR 5.626. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, *Sistemas Prediais de Água Pluvial e Esgoto Sanitário*: NBR 5.688. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999, *Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário*: NBR 8.160. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, *Projeto de Norma 00.001.77-001*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

AURIVERDE, 2007, *Código de Obras do Município do Rio de Janeiro*. 13 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Editora Auriverde.

BAZZARELLA, B. B., 2005, *Caracterização e Aproveitamento de Água Cinza para Uso Não-Potável em Edificações*. Dissertação de M.Sc., UFES, Vitória, ES, Brasil.

CAMPOS, J. R., 1999, *Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo*. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ABES.

CEC. Disponível em: <<http://www.cec.com.br>> Acesso em: 29 jul 2010.

CELITE. Disponível em: <<http://www.celite.com.br>> Acesso em: 29 jul 2010.

CHERNICHARO, C. A. L., 2001, *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ABES.

CRESESB. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>> Acesso em: 18 ago 2010.

DECA. Disponível em: <<http://www.deca.com.br>> Acesso em: 29 jul 2010.

D'ELIA, R., 2009, "Telhados Verdes". In: *Téchne*, v.148, Pini, pp. 34-39.

ECOBRISA. Disponível em: <<http://www.ecobrisa.com.br>> Acesso em: 18 ago 2010.

FARIA, R., 2008, "Cobertura Viva". In: *Téchne*, v.139, Pini, pp. 30-31.

FONTES, C. M. A., 2008, *Utilização das Cinzas de Lodo de Esgoto e de Resíduo Sólido Urbano em Concretos de Alto Desempenho*. Dissertação de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GONÇALVES, R. F., 2003, *Desinfecção de efluentes sanitários*. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ABES.

GONÇALVES, R. F., 2006, *Uso Racional da Água em Edificações*. 1 ed. Vitória, ES, Brasil, ABES.

OLIVEIRA, C. L., 2007, *Aproveitamento de Água de Chuva para Usos Não Potáveis no Município do Rio de Janeiro*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PERTEL, M., 2009, *Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza*. Dissertação de M.Sc., UFES, Vitória, ES, Brasil.

SCHISTEK, H., 2005, “Uma Nova Tecnologia de Construção de Cisternas Usando como Estrutura Básicas Tela Galvanizada de Alambrado”. *5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, Petrolina, PE, Brasil, 11-14 julho.

SINAPI. *Índice da Construção Civil*: Caixa Econômica Federal, 2010. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp> Acesso em: 12 ago 2010.

TIJOLECO. Disponível em: <<http://www.t.com.br>> Acesso em: 18 ago 2010.

UNASOL. Disponível em: <<http://www.unasol.com.br>> Acesso em: 18 ago 2010.

VALENTINA, R. S. D., 2009, *Gerenciamento da Qualidade e da Quantidade de Água Cinza em uma Edificação Residencial de Alto Padrão com Vistas ao seu Reuso Não-Potável*. Dissertação de M.Sc., UFES, Vitória, ES, Brasil.

VAZ, L. O., 2009, *Avaliação do risco microbiológico decorrente do reúso de águas cinza em uma edificação residencial de alto padrão*. Dissertação de M.Sc., UFES, Vitória, ES, Brasil.

Anexos

Em anexo, estão as plantas de arquitetura e de instalações prediais de água fria, esgoto e águas pluviais no sistema convencional e no sistema modificado.

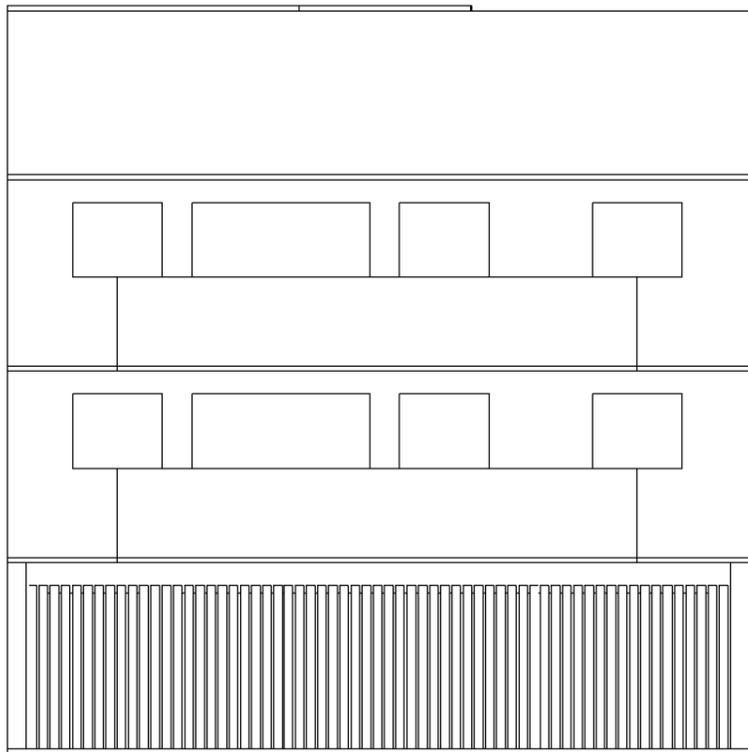
1. Vistas
2. Planta baixa – Pavimento térreo
3. Planta baixa – Pavimento tipo
4. Planta baixa – Cobertura
5. Instalações de água fria
Planta baixa – Pavimento térreo
6. Instalações de água fria
Planta baixa – Pavimento tipo
7. Instalações de água fria
Planta baixa – Cobertura
8. Instalações de água fria
Esquema vertical
9. Instalações de esgoto e águas pluviais
Planta baixa – Pavimento térreo
10. Instalações de esgoto e águas pluviais
Planta baixa – Pavimento tipo
11. Instalações de esgoto e águas pluviais
Planta baixa – Cobertura
12. Instalações de água fria (modificada)
Planta baixa – Pavimento térreo
13. Instalações de água fria (modificada)
Planta baixa – Pavimento tipo
14. Instalações de água fria (modificada)
Planta baixa – Cobertura
15. Instalações de água fria (modificada)
Esquema vertical
16. Instalações de esgoto e águas pluviais (modificada)
Planta baixa – Pavimento térreo

17. Instalações de esgoto e águas pluviais (modificada)

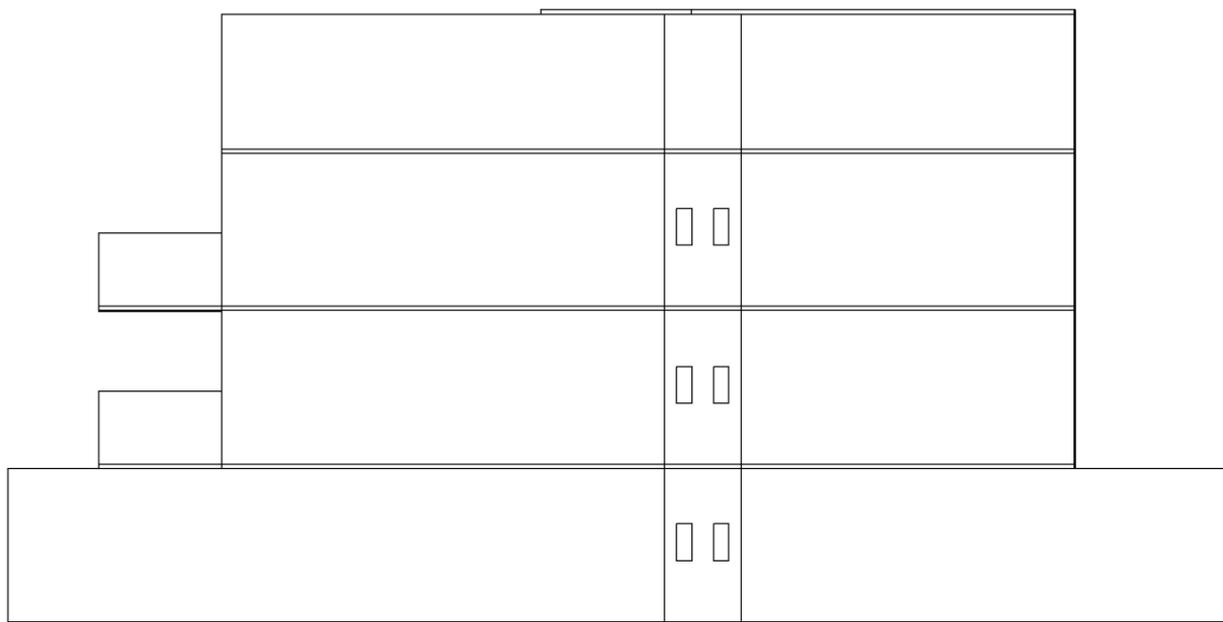
Planta baixa – Pavimento tipo

18. Instalações de esgoto e águas pluviais (modificada)

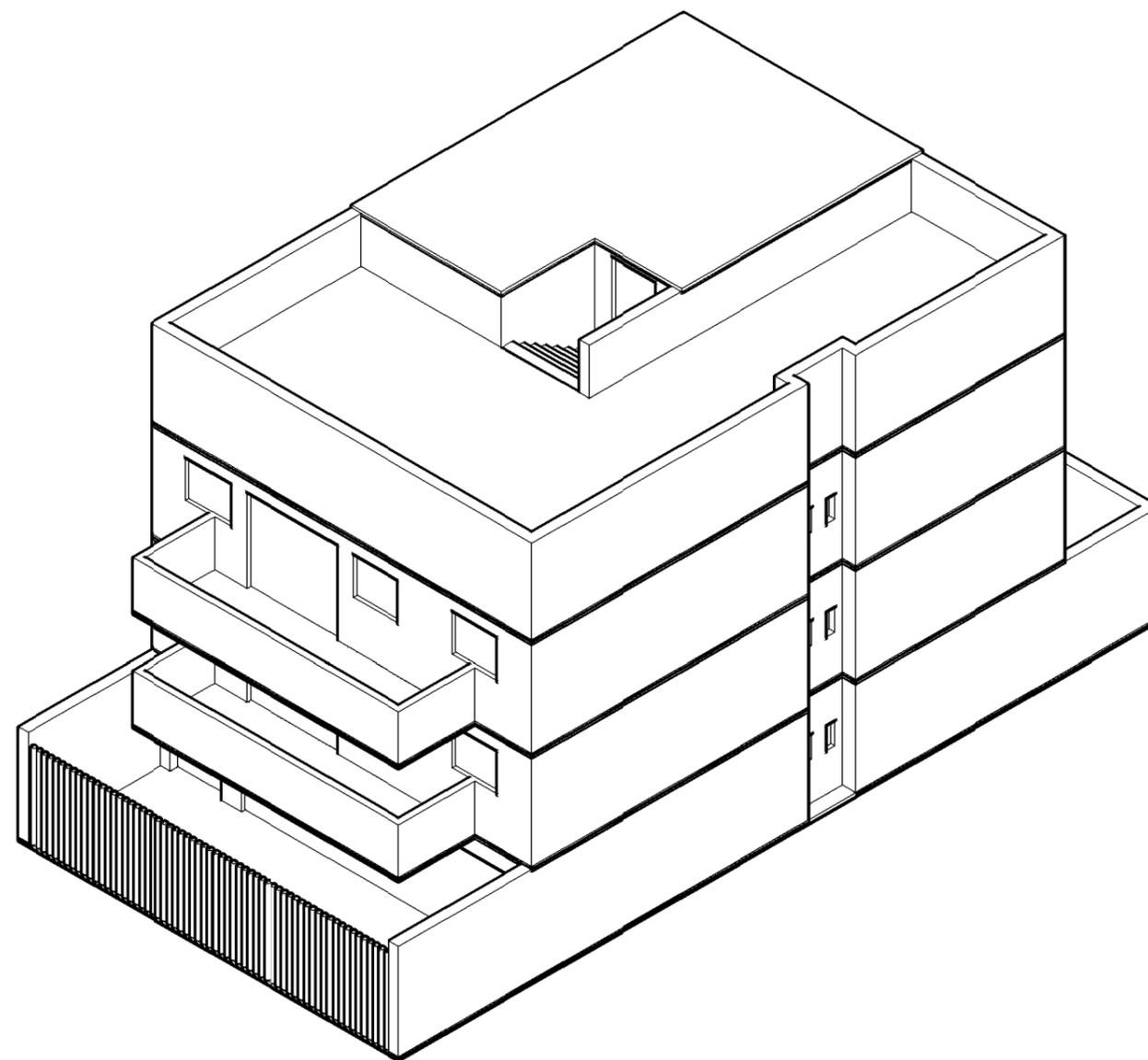
Planta baixa – Cobertura



Vista Frontal

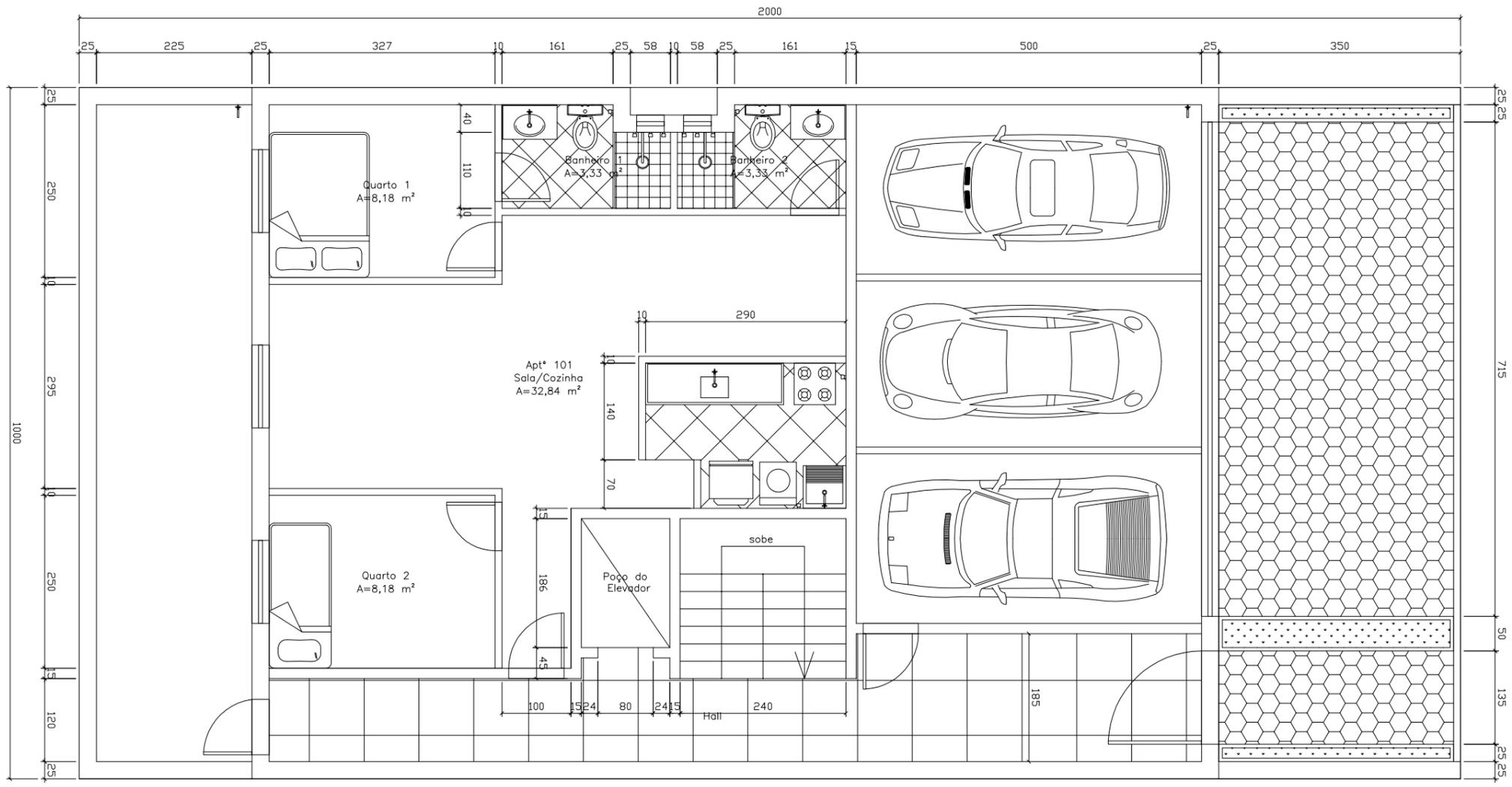


Vista Lateral



Perspectiva

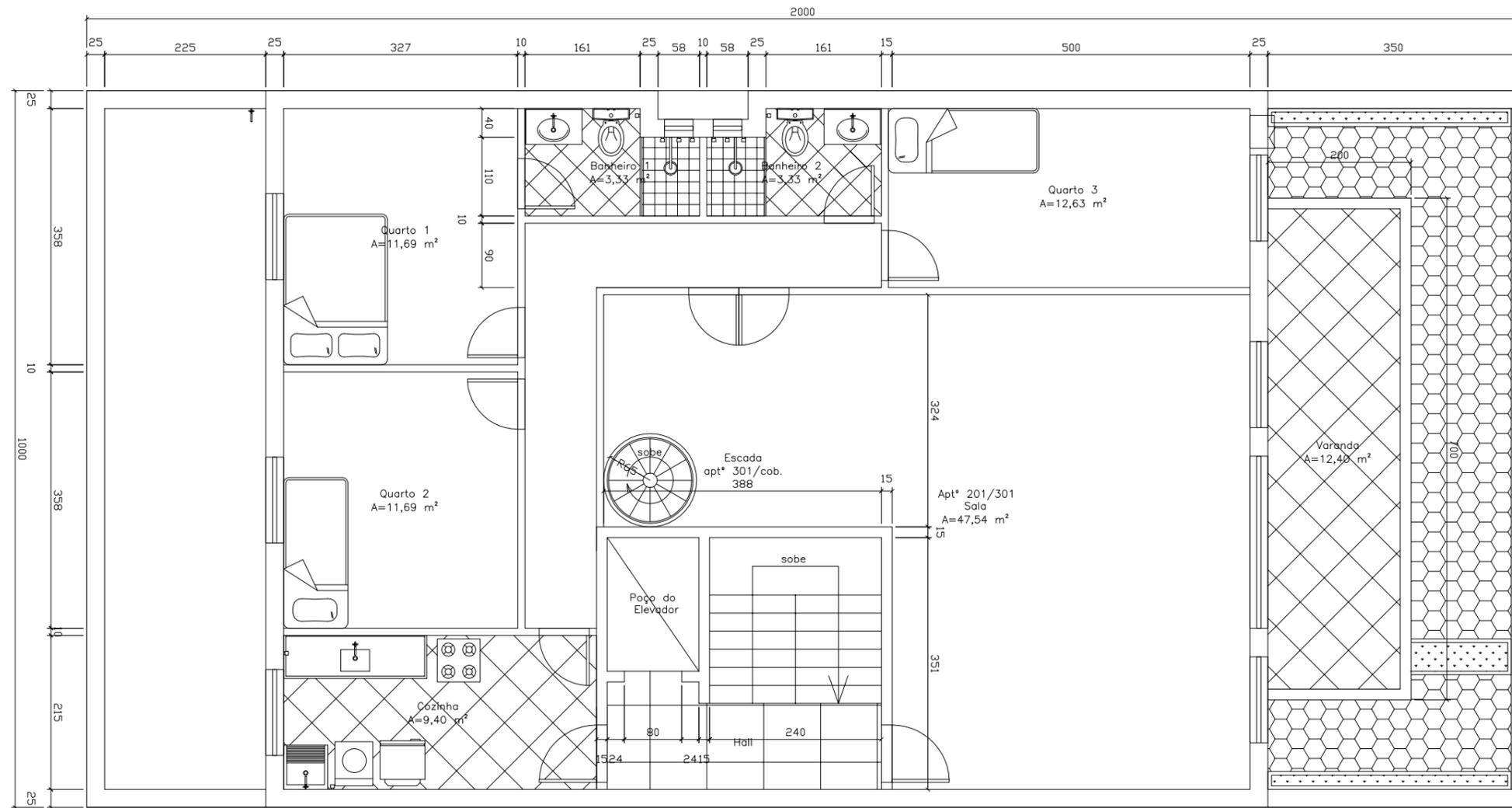
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA	VISTAS		
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	Sem Esc.	FOL.: 1



Dimensões em cm



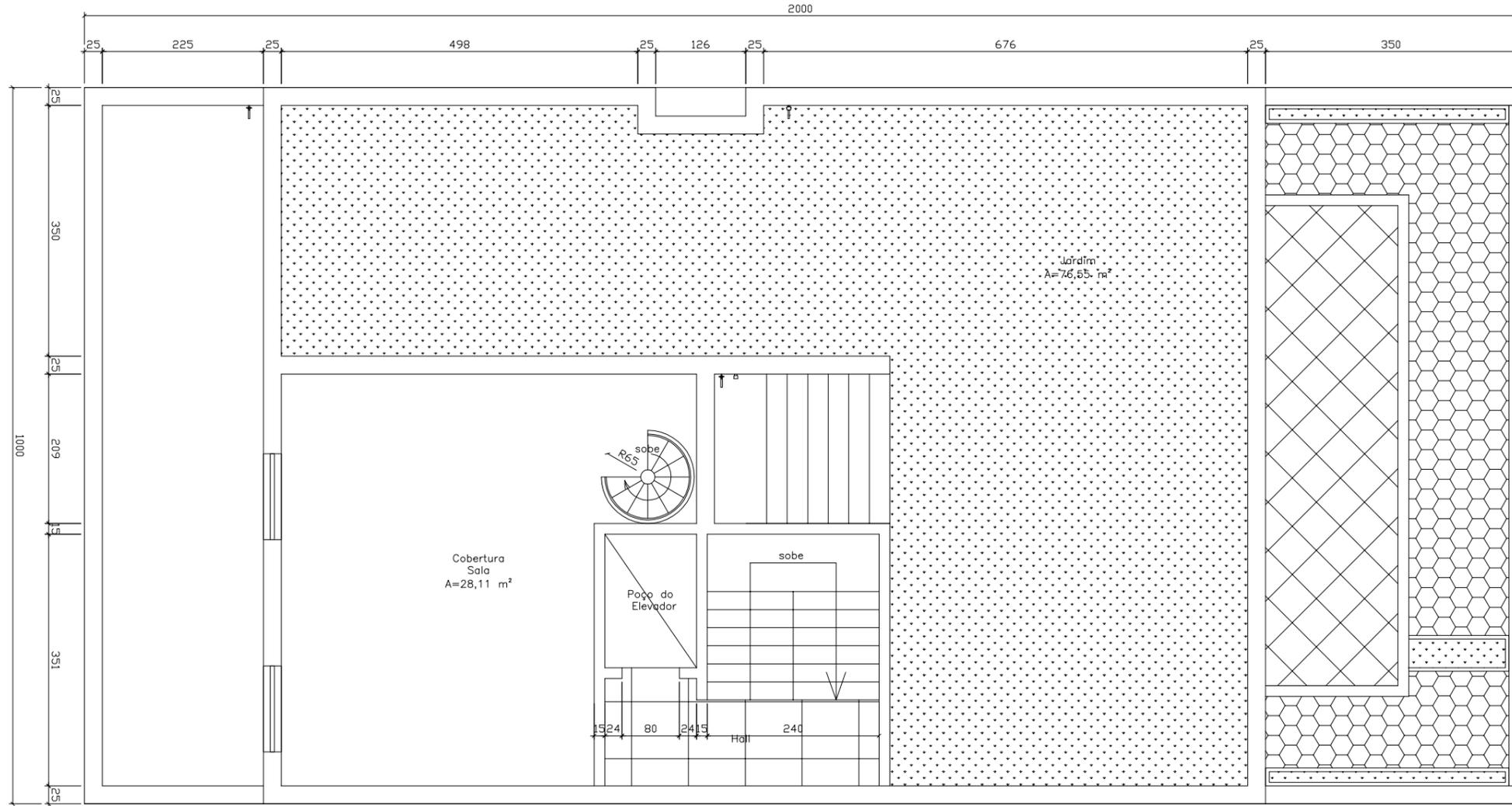
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TÉRREO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75
		FOL.: 2	



Dimensões em cm



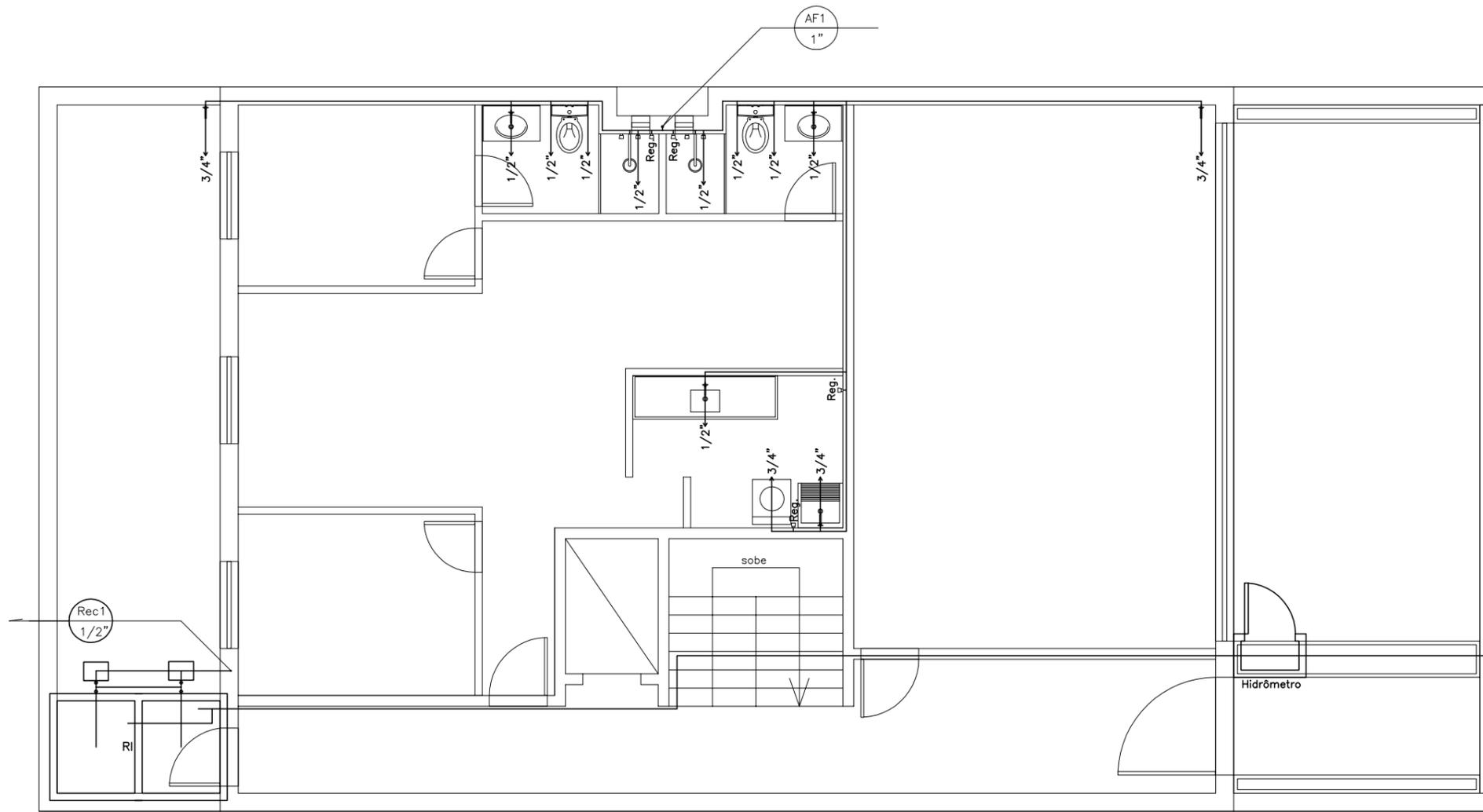
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TIPO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75
			FOL.: 3



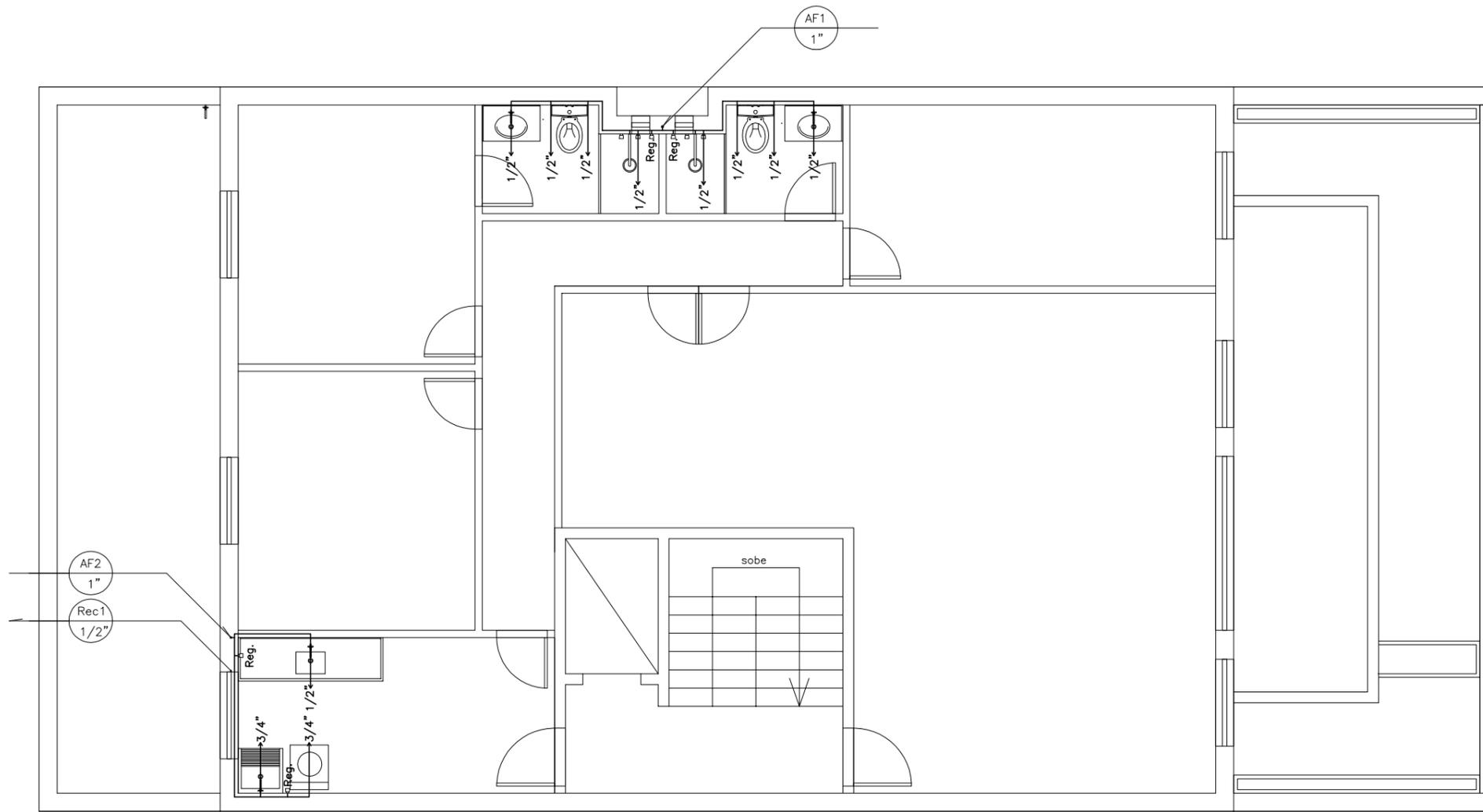
Dimensões em cm



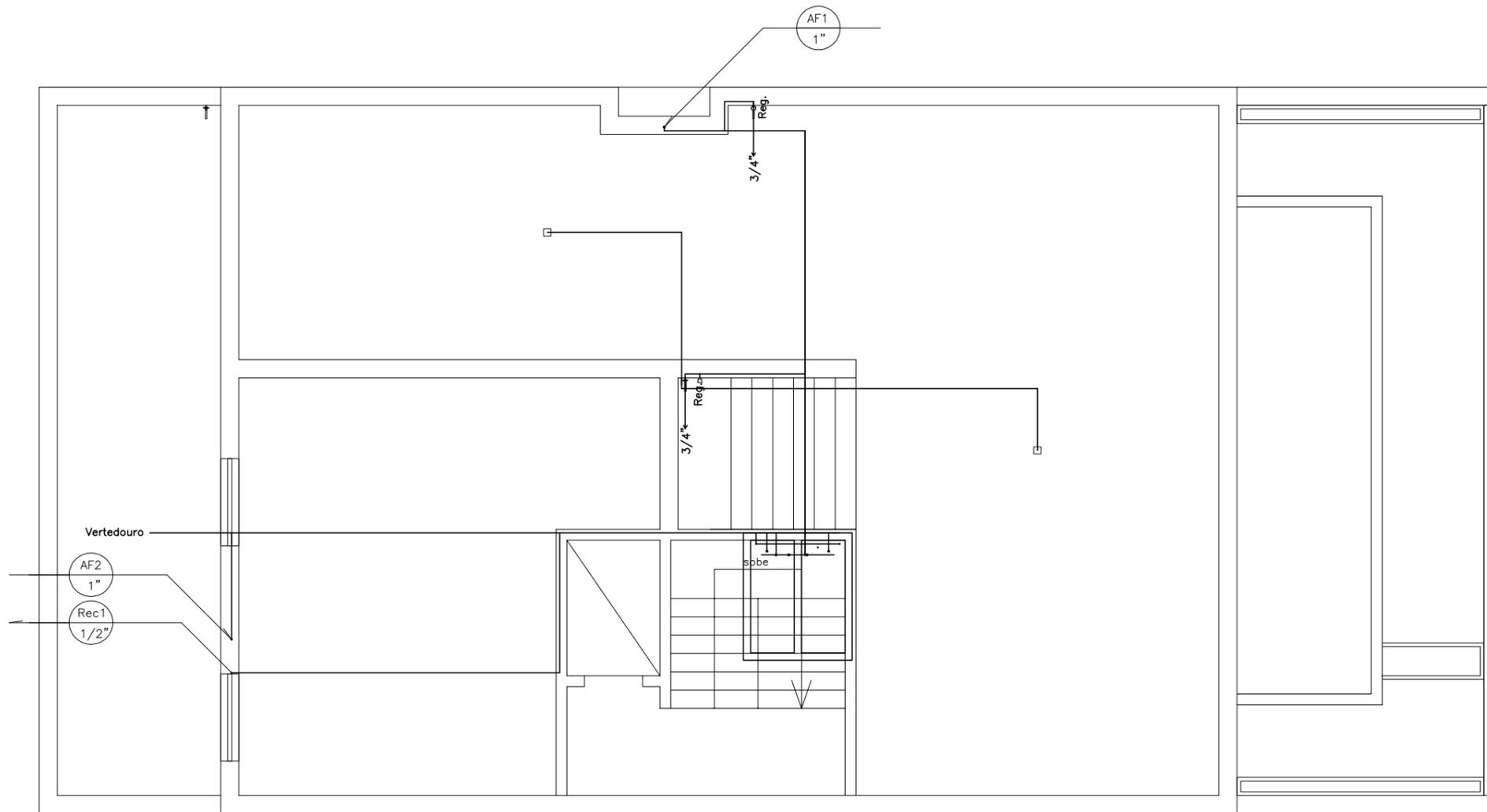
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		PLANTA BAIXA – COBERTURA	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75
		FOL.:	4



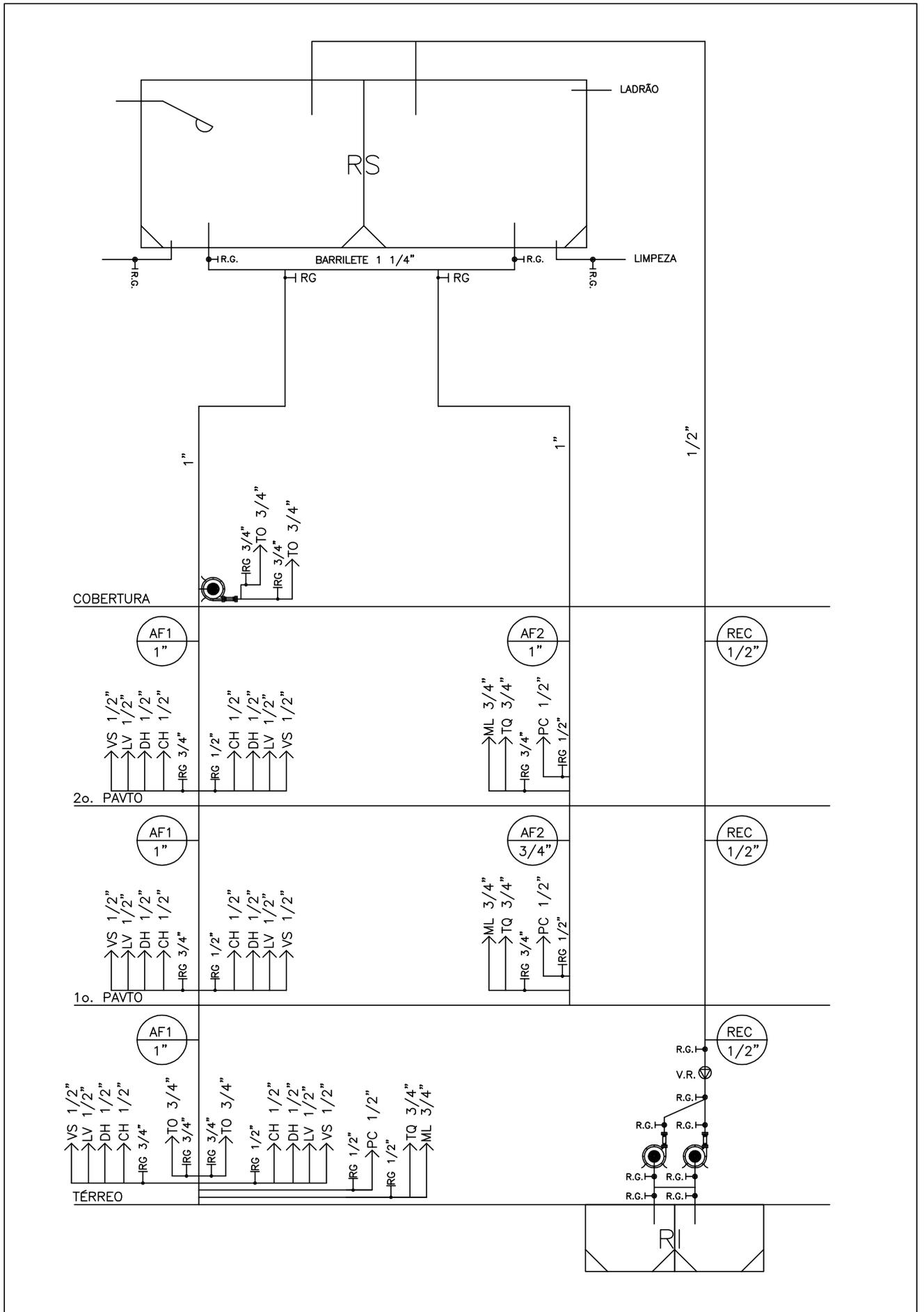
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	
		PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TÉRREO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 5



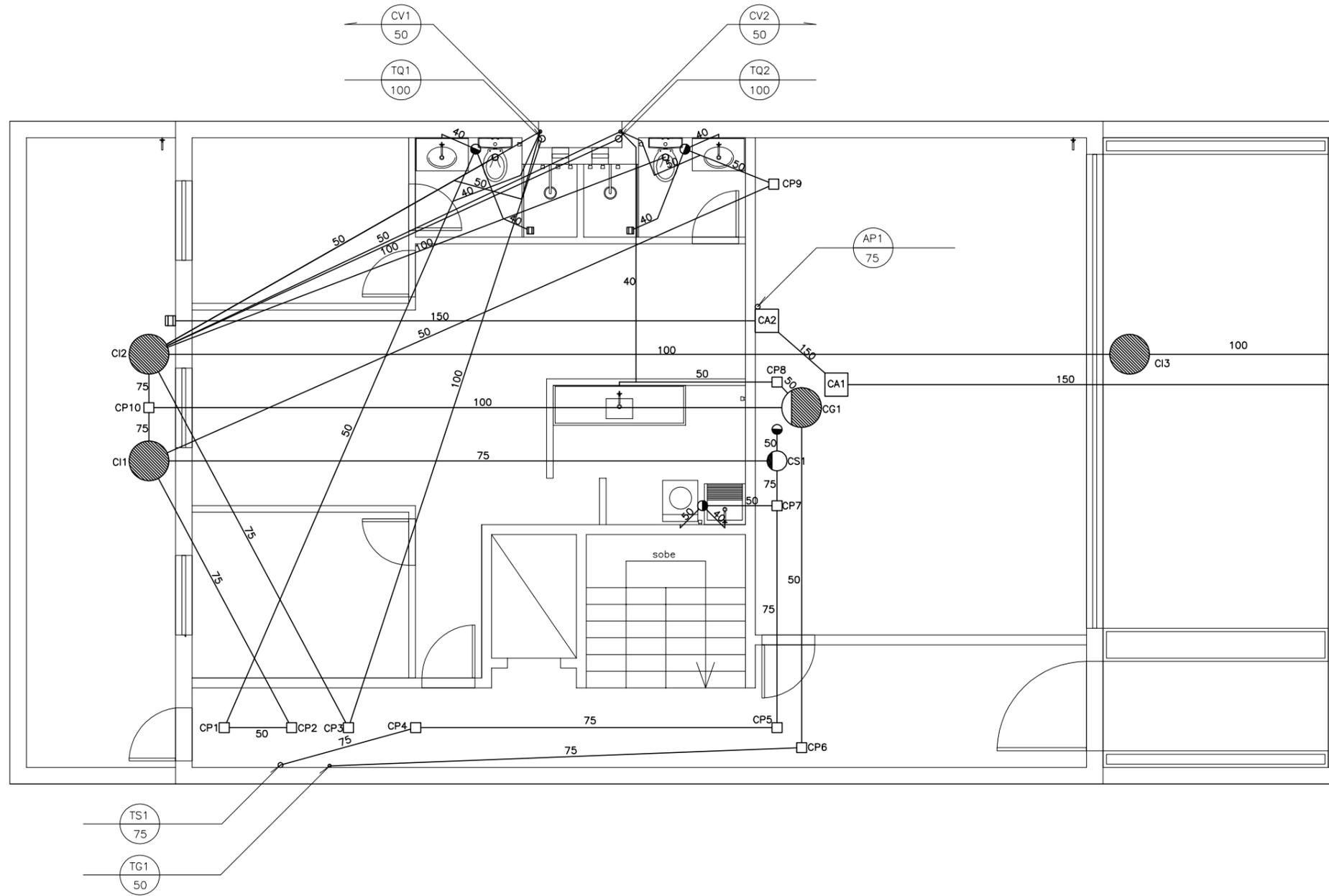
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TIPO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 6



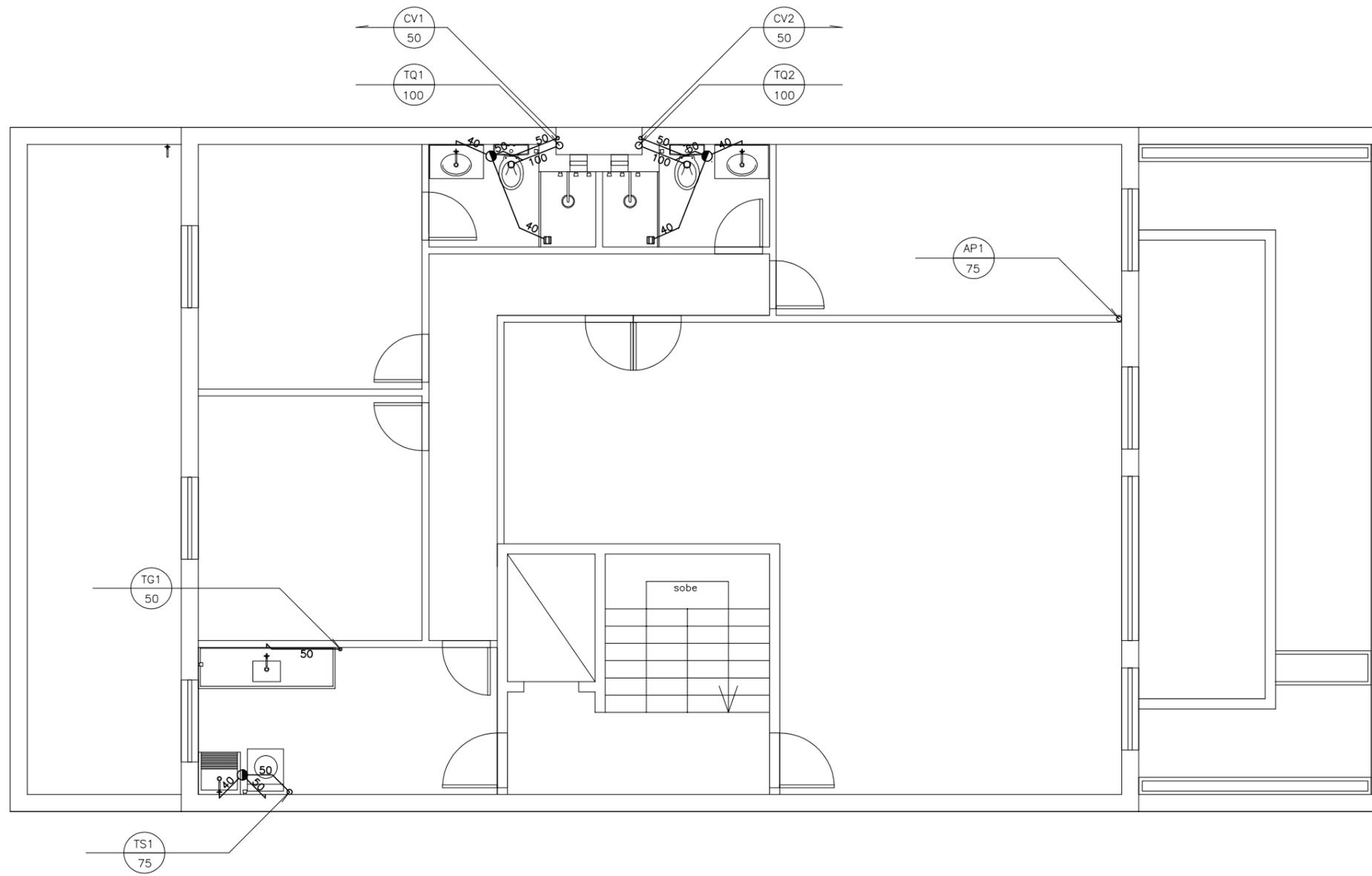
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA PLANTA BAIXA – COBERTURA	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 7



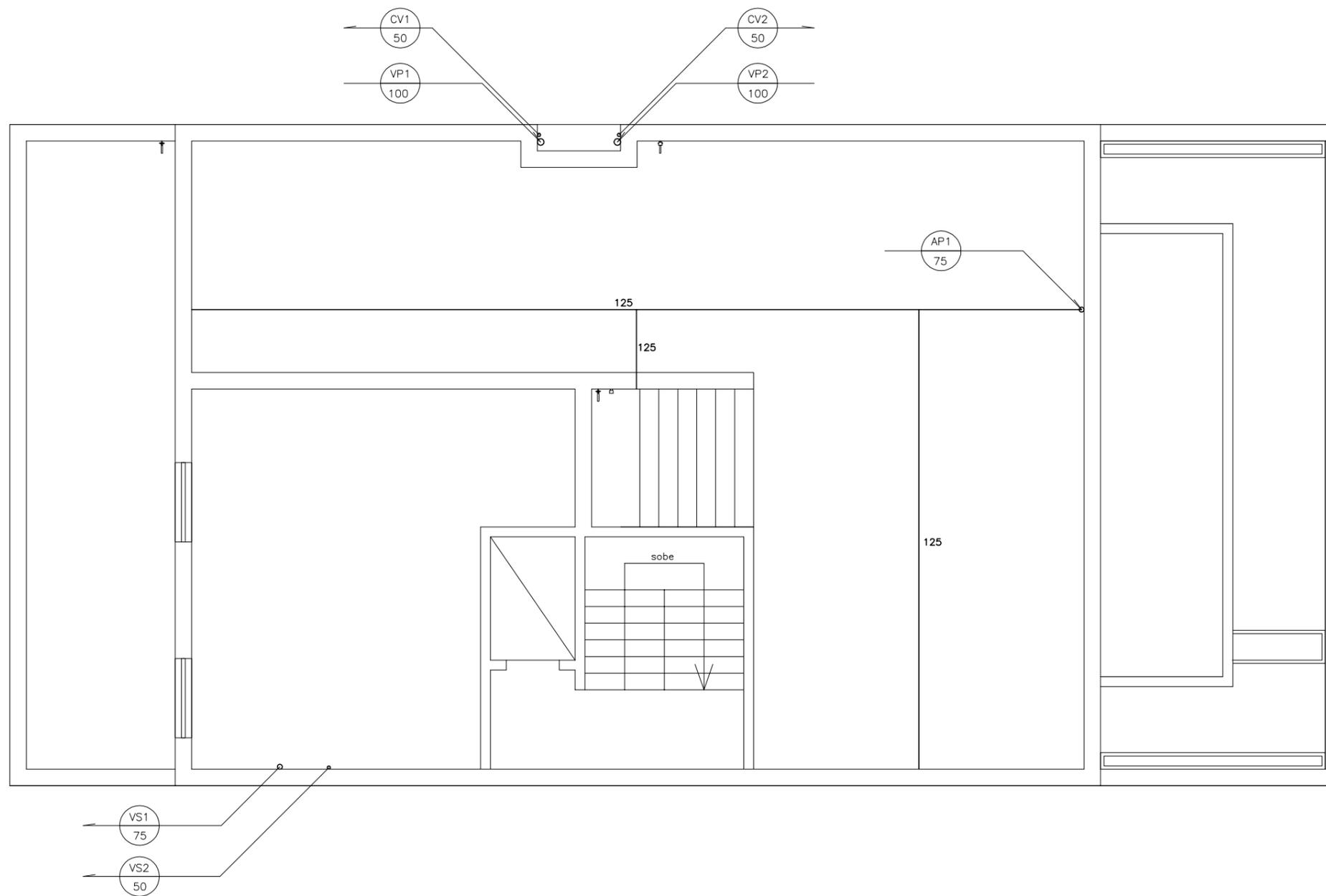
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA	INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA ESQUEMA VERTICAL		
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	SEM ESC.	FOL.: 8



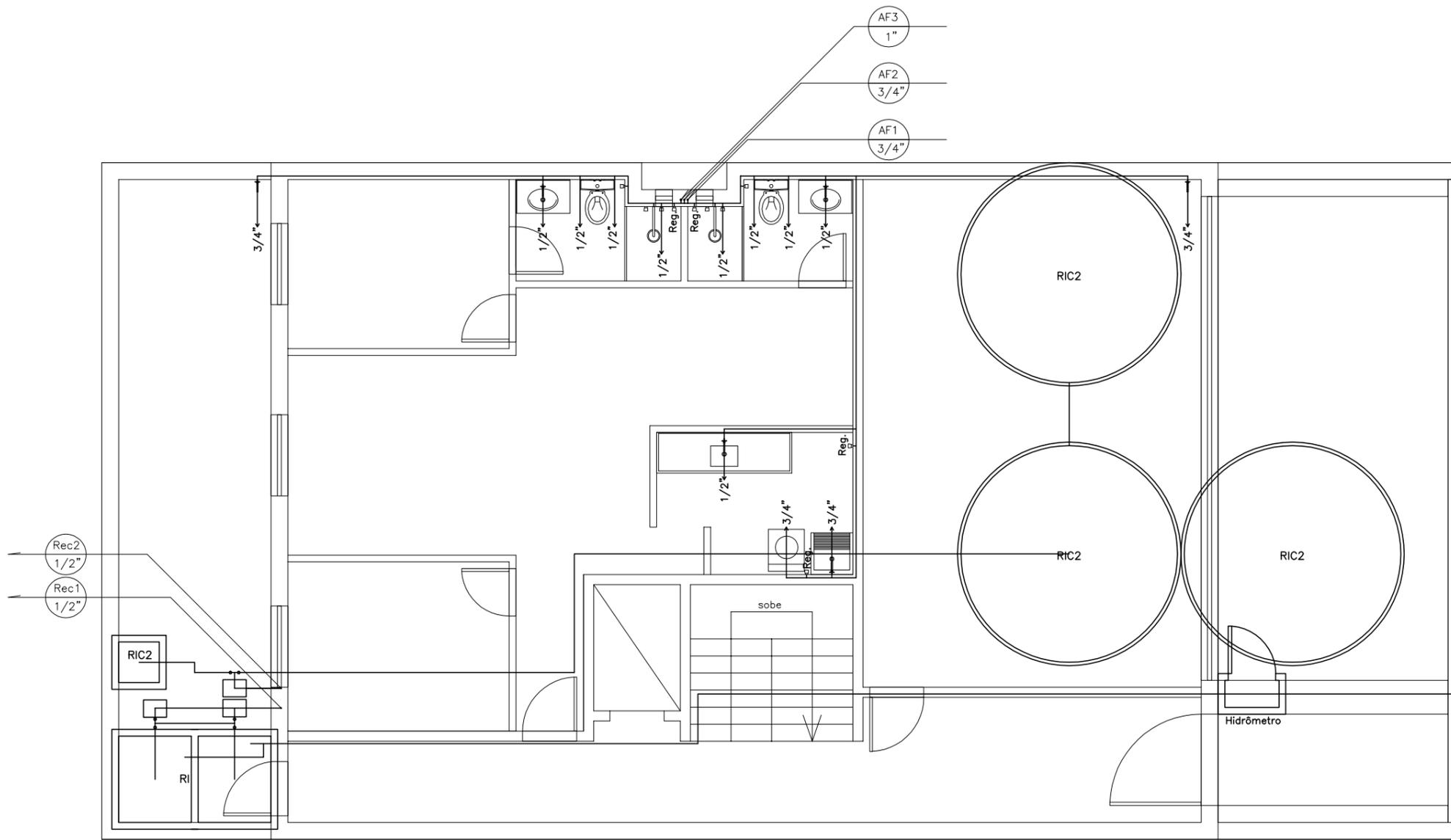
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TÉRREO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75
			FOL.: 9



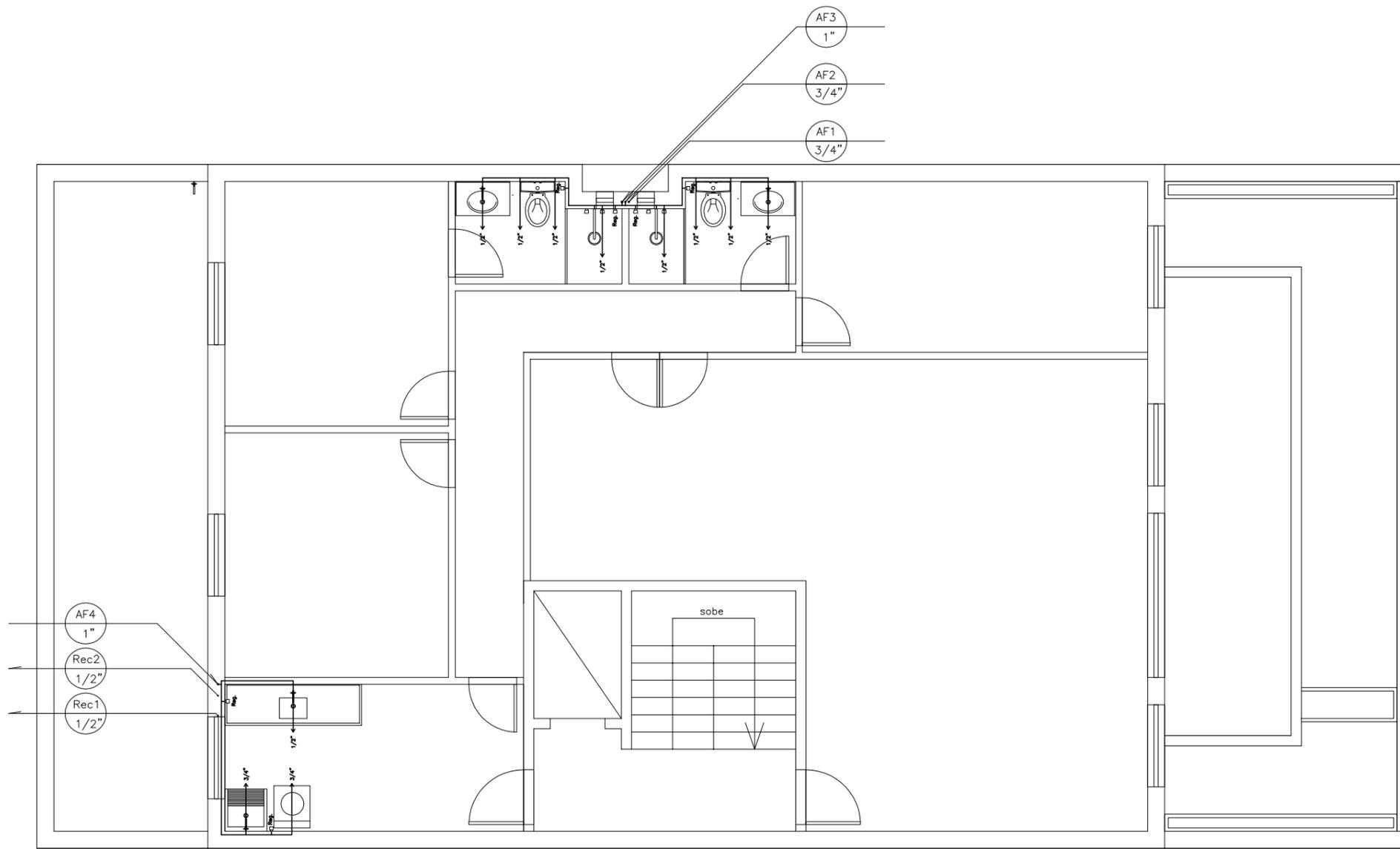
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TIPO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: FOL.: 1:75 10



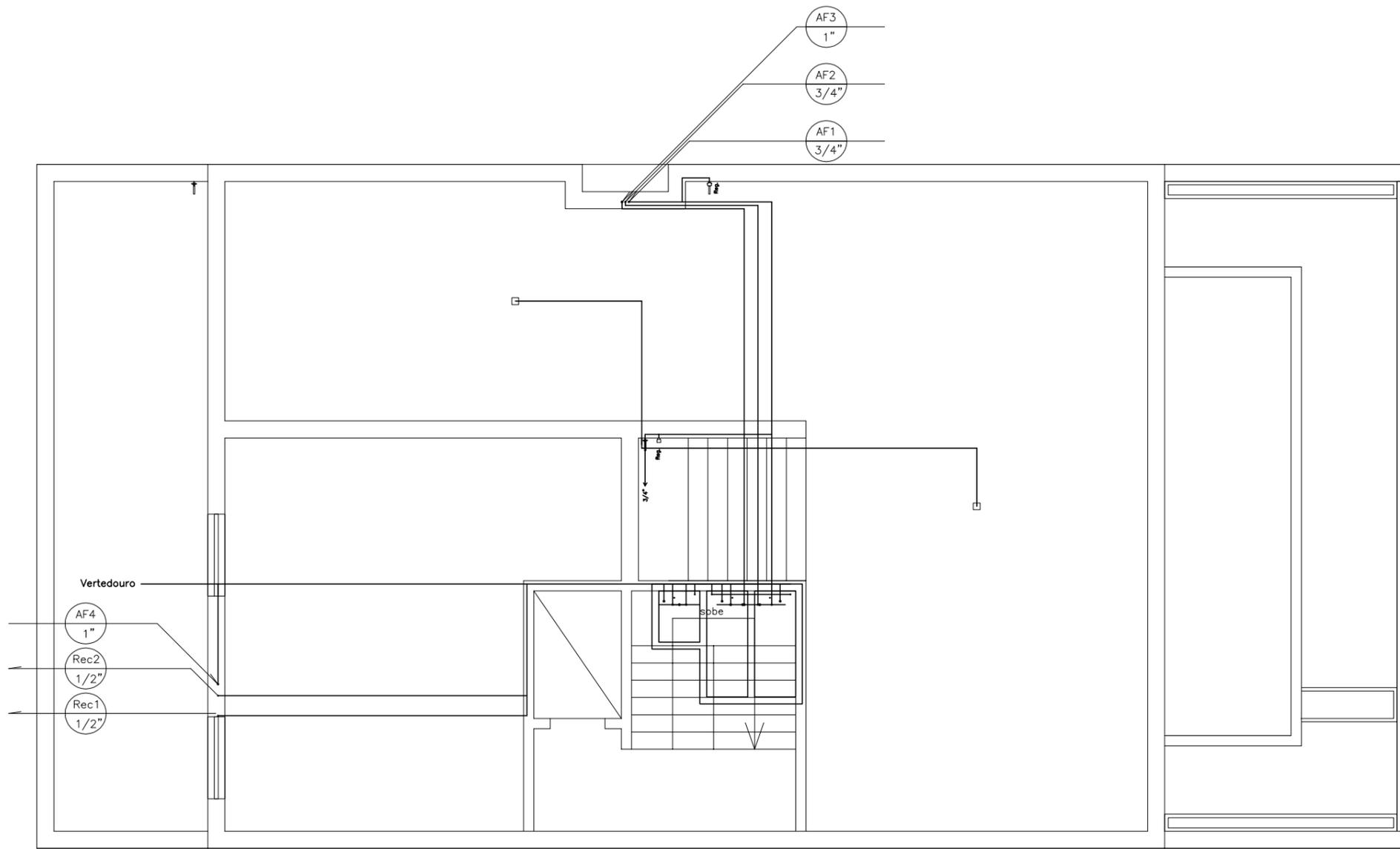
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS PLANTA BAIXA – COBERTURA	
PROJETO DE GRADUAÇÃO		ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: FOL.: 1:75 11



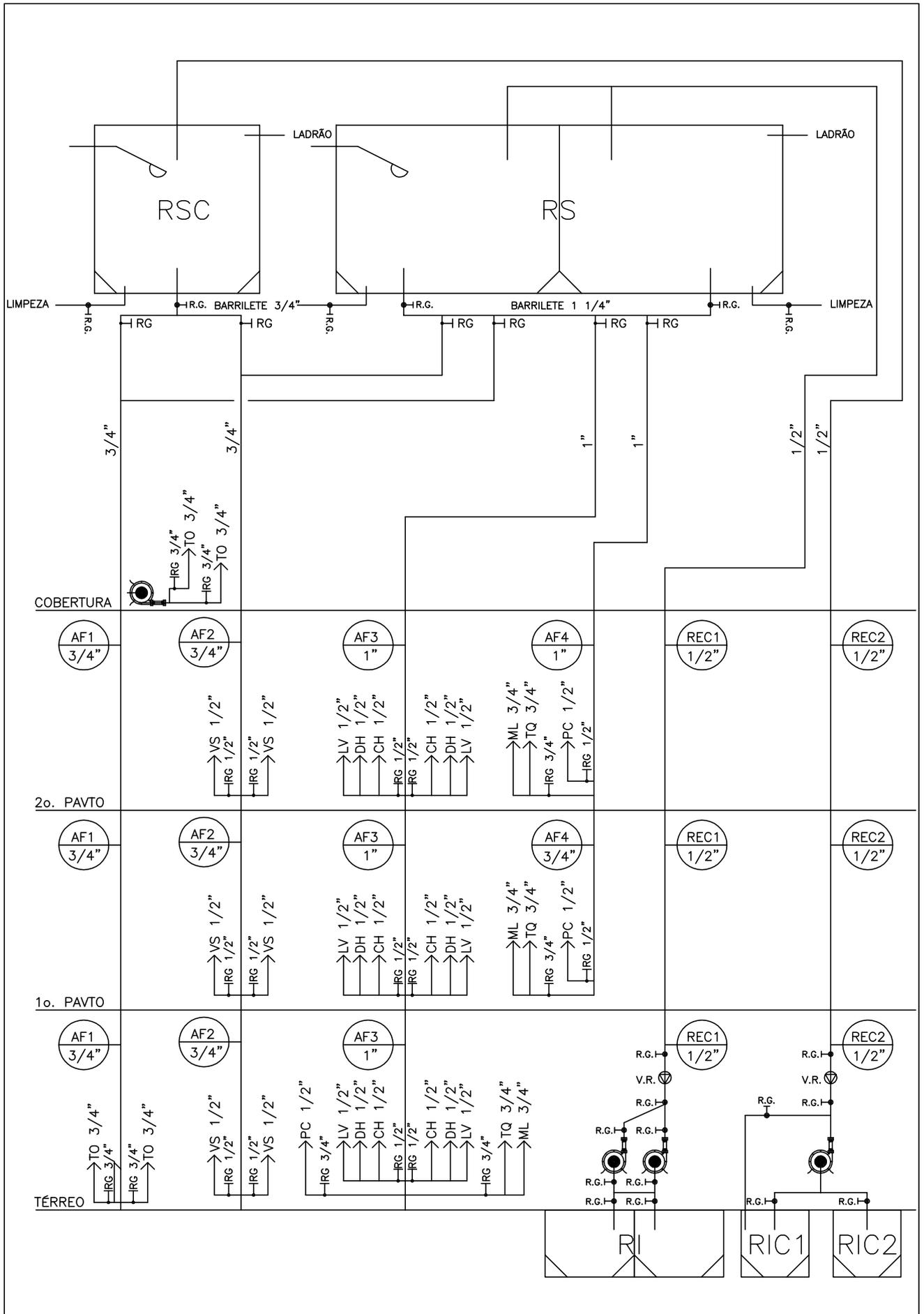
UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA (MODIFICADA)	
		PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TÉRREO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 12



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA (MODIFICADA) PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TIPO	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 13



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA		INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA (MODIFICADA) PLANTA BAIXA – COBERTURA	
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 14



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA

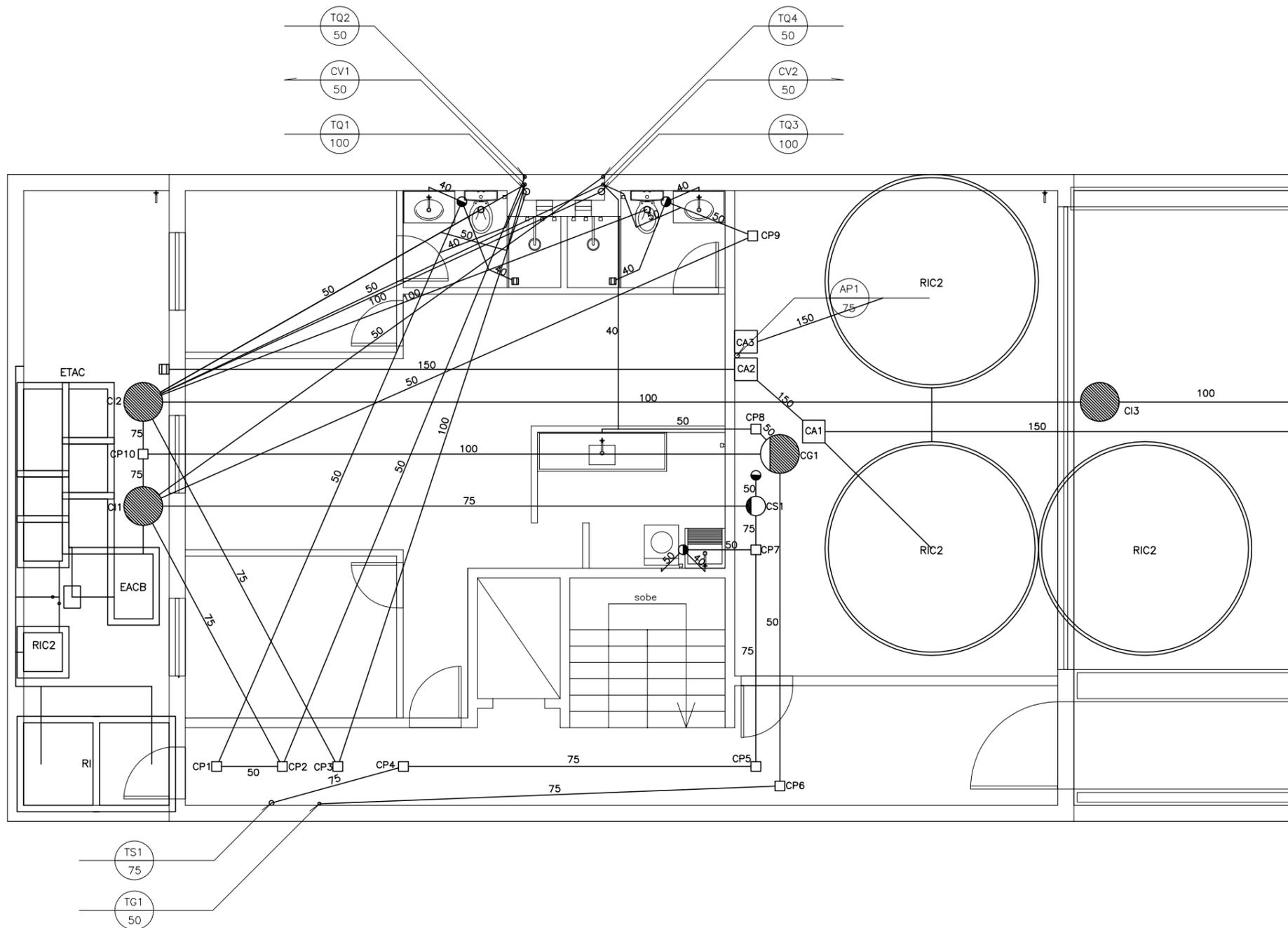
INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA (MODIFICADA)
ESQUEMA VERTICAL

PROJETO DE GRADUAÇÃO

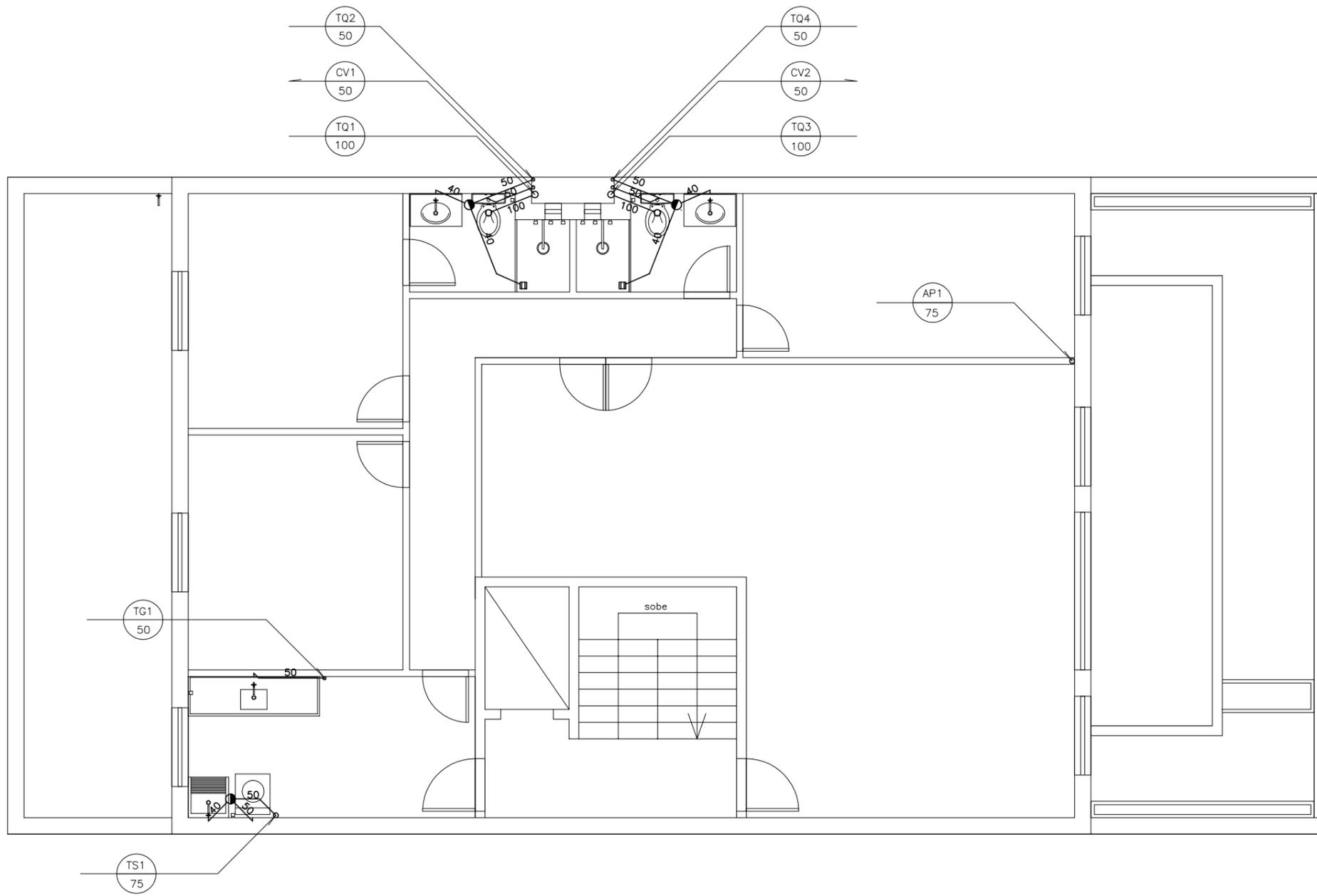
ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ

SEM
ESC.

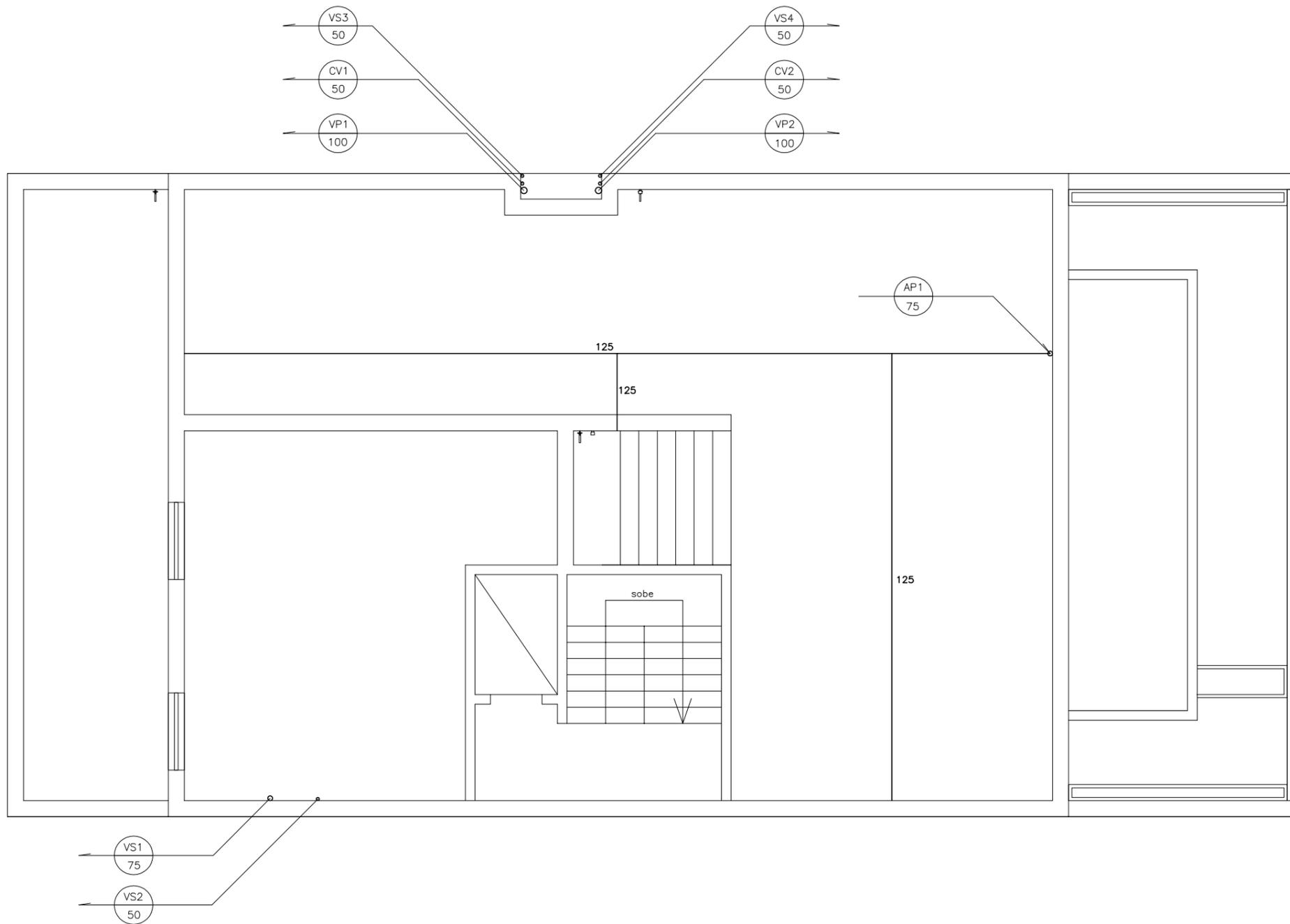
FOL.:
15



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA	INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS (MODIF.) PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TÉRREO		
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 16



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA	INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS (MODIF.) PLANTA BAIXA – PAVIMENTO TIPO		
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 17



UFRJ – ESCOLA POLITÉCNICA	INSTALAÇÕES DE ESGOTO E ÁGUAS PLUVIAIS (MODIF.) PLANTA BAIXA – COBERTURA		
PROJETO DE GRADUAÇÃO	ALUNO: VICTOR MENDES THOMAZ	ESC.: 1:75	FOL.: 18